Төсөл



**МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ**



**Барилга болон материалын дулаан хамгаалалт – Барилга байгууламжид агаарын хувийн зардлыг тодорхойлох – Заагч хийг шингэрүүлэх арга**

**Thermal performance of buildings and materials - Determination of specific airflow rate in buildings - Tracer gas  dilution method**

**MNS ISO 12569:2023**

**Албан хэвлэл**

**СТАНДАРТ, ХЭМЖИЛ ЗҮЙН ГАЗАР**

**Улаанбаатар хот**

**2023 он**

Энэ стандартыг Эрчим хүчний эдийн засгийн хүрээлэнгийн СННХ-ийн стандартын секторын ахлагч Н.Тунгалаг орчуулж, иргэн Х.Амгаланбаатар редакц хийсэн.

Анхны үзлэгийг 2028 онд, дараа нь 5 жил тутамд хийнэ.

**Стандарт, хэмжил зүйн газар (СХЗГ)**

Энхтайваны өргөн чөлөө 46А

Шуудангийн хаяг

Улаанбаатар-13343, Ш/Х - 48

Утас: 976-51-263860 Факс: 976-11-458032

E-mail: [standardinform@masm.gov.mn](mailto:standardinform@masm.gov.mn)

**© СХЗГ, 2023**

“Стандартчилал, тохирлын үнэлгээний тухай” Монгол Улсын хуулийн дагуу энэхүү стандартыг бүрэн, эсвэл хэсэгчлэн хэвлэх, олшруулах эрх нь гагцхүү СХЗГ (Стандартчиллын төв байгууллага)-т байна.

**АГУУЛГА**

Өмнөх үг.................................................................

Танилцуулга...............................................................

1 Хамрах хүрээ.........................................................................

2 Норматив эшлэл.................................................................

3 Нэр томьёо, тодорхойлолт.......................................................

4 Хэмжлийн арга, тухайн аргыг сонгох..............................................

4.1 Ерөнхий зүйл..................................................................

4.2 Концентрацийг бууруулах арга.......................................................

4.2.1 Зарчим..........................................................................

4.2.2 Концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах арга..............................

4.2.3 Концентрацийг олон эгшинд бууруулах арга....................................

4.2.4 Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга......................

4.2.5 Нарийвчлалтай хэмжих арга..........................................................

4.3 Тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга........................................................

4.3.1 Зарчим..................................................................

4.3.2 Дундаж урвуу концентрацийн арга...............................

4.3.3 Дундаж концентрацийн арга.............................................

4.3.4 Тогтвортой концентрацийн арга.......................................................

4.4 Тогтмол концентрацийн арга.............................................

4.5 Заагч хийн төрөл.........................................................................

4.6 Хэмжих хэрэгсэл.......................................................

4.6.1 Ерөнхий зүйл...........................................................

4.6.2 Заагч хийг тунлах хэрэгсэл......................................

4.6.3 Заагч хийн дээж авах хэрэгсэл......................................

4.6.4 Хийг шинжлэх хэрэгсэл.............................................................

5 Горим......................................................................................

5.1 Барилгад бэлтгэл ажил хийх.............................................

5.2 Нэмэлт хэмжил хийх.....................................................

5.3 Концентрацийг бууруулах арга.........................................

5.3.1 Хоёр эгшин болон олон эгшний аргуудын тооцоо...................

5.3.2 Хоёр эгшин болон олон эгшний аргуудын горим.............

5.3.3 Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга болон нарийвчлалтай хэмжих аргын тооцоо

5.3.4 Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга болон нарийвчлалтай хэмжих аргын горим..........................................

5.4 Тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга..................................................

5.4.1 Урвуу концентрацийн аргын дунджийн тооцоо........................

5.4.2 Урвуу концентрацийн аргын дунджийн горим................

5.4.3 Дундаж концентрацийн аргын тооцоо........................................

5.4.4 Дундаж концентрацийн аргын горим...........................

5.4.5 Тогтвортой концентрацийн аргын тооцоо.................................

5.4.6 Тогтвортой концентрацийн аргын горим.........................

5.5 Тогтмол концентрацийн арга.............................................

5.5.1 Тогтмол концентрацийн аргын тооцоо........................................

5.5.2 Тогтмол концентрацийн аргын горим.............................................

6 Нарийвчлал.......................................................................

6.1 Ерөнхий зүйл....................................................

6.2 Заагч хийг тунлах горим болон өрөөний агаарын концентрацийн хуваарилалт........................................................

6.3 Заагч хийн дээж авах болон хадгалах арга................................

6.4 Заагч хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл..................................

6.4.1 Ерөнхий зүйл...............................................

6.4.2 Зөвшөөрөгдөх хүчин чадал..............................................

6.4.3 Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн шилжилт (дрейф).......................

6.4.4 Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн нарийвчлал.......................

6.4.5 Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн тохируулга...........................

6.4.6 Эталон хийн концентраци..............................................

6.5 Гадна орчны салхи, агаарын температур болон кондиционерийн системийн хуваарийн өөрчлөлт...................................

7 Туршилтын тайлан.....................................................

7.1 Ерөнхий зүйл......................................

7.2 Туршилтын загварыг тодорхойлоход шаардлагатай дэлгэрэнгүй мэдээлэл...........................................

7.3 Халаалт болон агааржуулалтын системийн дэлгэрэнгүй мэдээлэл............

7.4 Туршилтын нөхцөл болон хэрэгсэл...................................................

7.5 Цуглуулсан мэдээлэл болон үр дүн.............................................

7.6 Туршилтын огноо.........................................................................

A хавсралт (норматив) Үнэмшлийн интервал.................................................

B хавсралт (норматив) Солилцуулах агаарын Qv зарцуулалт болон идэвхтэй холилдох бүсийн Vemz эзлэхүүнийг нэг зэрэг тооцоолох арга........................................

C хавсралт (мэдээллийн) Том орон зайн солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжих үед анхаарах зүйл.........................................................

D хавсралт (мэдээллийн) Барилгын дотор болон гадна орчны температурын ялгаа, температурын өөрчлөлт болон хэмжлийн үеийн туршид гадна орчны агаарын концентрацийн өөрчлөлт нөлөөлөх..............................................

E хавсралт (мэдээллийн) Концентрацийг хоёр эгшинд болон олон эгшинд бууруулах аргыг тооцоолж, алдааг багасгах арга...............................................

F хавсралт (мэдээллийн) Алдааны дүн шинжилгээний тархалт...........................

Ном зүй..................................................................

**Contents**

Foreword…………………….

Introduction …………………………….

1 Scope ………………………………..

2 Normative references………………………………

3 Terms and definitions………………………………………

4 Measurement method and its selection…………………………

4.1 General………………………………..

4.2 Concentration decay method………………………….

4.2.1 Principle………………………………

4.2.2 Two-point decay method……………………………..

4.2.3 Multipoint decay method……………………………………

4.2.4 Step-down exhaust concentration method……………………

4.2.5 Pulse method………………………………….

4.3 Continuous dose method…………………………………

4.3.1 Principle…………………………………

4.3.2 Average inverse concentration method……………………

4.3.3 Average concentration method………………………..

4.3.4 Stationary concentration method…………………………..

4.4 Constant concentration method……………………

4.5 Type of tracer gas……………………………….

4.6 Measurement apparatus………………………………

4.6.1 General………………………………….

4.6.2 Tracer gas dosing device………………………..

4.6.3 Tracer gas sampling apparatus……………………………

4.6.4 Gas analyser ……………………………….

5 Procedure………………………………….

5.1 Building preparations………………………………………

5.2 Ancillary measurements…………………………………….

5.3 Concentration decay method……………………………………

5.3.1 Calculation of two-point and multi-point methods…………

5.3.2 Procedure of two-point and multi-point methods……………

5.3.3 Calculation of step-down exhaust concentration method and pulse method………………………

5.3.4 Procedure of the step-down exhaust concentration method and pulse method……………………..

5.4 Continuous dose methods…………………………..

5.4.1 Calculation of average of inverse concentration method……..

5.4.2 Procedure of average of inverse concentration method………..

5.4.3 Calculation of average concentration method…………

5.4.4 Procedure of average concentration method……………..

5.4.5 Calculation of stationary concentration method…………….

5.4.6 Procedure of stationary concentration method…………………

5.5 Constant concentration method…………………………

5.5.1 Calculation of constant concentration method……………….

5.5.2 Procedure of constant concentration method…………………..

6 Accuracy………………

6.1 General…………………

6.2 Tracer gas dose procedure and room concentration distribution……………

6.3 Tracer gas sampling and storage method……………….

6.4 Tracer gas concentration measuring instruments………………

6.4.1 General………………………..

6.4.2 Resolution………………………

6.4.3 Tracer gas analyser drift…………………..

6.4.4 Accuracy of tracer gas analyser…………………………………..

6.4.5 Calibration of tracer gas analyser..............................

6.4.6 Standard gas concentration............................................

6.5 Changes in outside wind and outdoor air temperature and schedule of air

conditioning system..............................

7 Test report……………………………………….

7.1 General.....................................

7.2 Details necessary to identify the simulation tested..........................

7.3 Details of heating and ventilation systems............................................

7.4 Test conditions and apparatus.............................................

7.5 Collected data and results......................................................

7.6 Date of the test............................................

Annex A (normative) Confidence intervals..........................................

Annex B (normative) Method to estimate ventilation rate Qv and effective mixed zone

volume Vemz simultaneously [3][4]....................................

Annex C (informative) Considerations when measuring the ventilation rate of large spaces.................................

Annex D (informative) Effects of internal and external temperature difference, temperature change, and outdoor air concentration change during the measurement period.......................................................................

Annex E (informative) Estimation error minimizing method in two-point and multi-point decay methods..........................................................

Annex F (informative) Propagation of error analysis............................................

Bibliography.....................................................

**Өмнөх үг**

ОУСБ (Олон улсын стандартчиллын байгууллага) нь үндэстний стандартчиллын байгууллагуудыг (ОУСБ-ын гишүүн байгууллага) нэгтгэсэн дэлхий нийтийн холбоо юм. Олон улсын стандарт бэлтгэх ажлыг ОУСБ-ын техникийн хороод гүйцэтгэдэг. Гишүүн байгууллага бүр сонирхсон асуудлаа тухайн асуудлыг хэлэлцэхэд зориулан байгуулсан техникийн хороонд илэрхийлэх эрхтэй. Түүнчлэн ОУСБ-тай холбоотой ажилладаг олон улсын байгууллагууд, төрийн болон төрийн бус байгууллагууд энэ ажилд оролцоно. ОУСБ нь цахилгаан техникийн стандартчиллын бүх асуудлаар Олон Улсын Цахилгаан Техникийн Комисс (ОУЦТК)-той нягт холбоотой ажилладаг.

Энэ баримт бичгийг боловсруулахад хэрэглэсэн горимууд, мөн цаашид ашиглахад зориулан төлөвлөсөн горимуудыг ОУСБ/ОУЦТК-ын Удирдамжийн 1 дүгээр хэсэгт тайлбарласан. Ялангуяа ОУСБ-ын баримт бичгийн янз бүрийн төрөлд шаардагдах баталгаажуулалтын шалгуурыг тэмдэглэх хэрэгтэй. Энэ баримт бичиг нь ОУСБ/ОУЦТК-ын Удирдамжийн 2 дугаар хэсгийн хянан засах журамд нийцүүлэн боловсруулсан төсөл юм (www.iso.org/directives цахим хаягаар үзнэ үү).

Энэ баримт бичгийн зарим бүрэлдэхүүн хэсэг зохиогчийн эрхийн дагуу хамгаалагдсан байж болохыг анхаарах шаардлагатай. ОУСБ нь ийм төрлийн зохиогчийн эрхийн аль нэгийг эсвэл бүгдийг тодорхойлон заах хариуцлага хүлээхгүй болно. Баримт бичгийг боловсруулах явцад мэдсэн аливаа зохиогчийн эрхийн тухай дэлгэрэнгүй мэдээллийг танилцуулгад болон/ эсвэл зохиогчийн эрхийн мэдэгдлийг хүлээн авсан талаарх ОУС-ын жагсаалтад заана (www.iso.org.patents цахим хаягаар үзнэ үү).

Энэ баримт бичигт дурдсан аливаа худалдааны тэмдгийг хэрэглэгчдийн тохиромжтой байдалд зориулсан мэдээлэлд хэрэглэсэн бөгөөд тухайн худалдааны тэмдэгт дэмжлэг үзүүлээгүй болно.

Стандартуудыг сайн дурын хэлбэрээр хэрэглэх талаар тайлбар, техникийн зохицуулалтад хамаарах, ОУСБ-ын тусгай нэр томьёо, үг хэллэгийн утга, түүнчлэн Худалдаанд гарах техникийн саад бэрхшээлтэй холбоотой Дэлхийн худалдааны байгууллагын (WTO) зарчмыг ОУСБ-аас баримтлах тухай мэдээллийг www.iso.org/iso/foreword.html цахим хаягаар үзнэ үү.

Энэ баримт бичгийг ОУСБ-ын “Барилга байгууламжийн орчны дулаан хамгаалалт болон эрчим хүчний хэрэглээ” нэртэй 163 дугаар Техникийн хорооны “Турших болон хэмжих арга” нэртэй 1 дүгээр Техникийн дэд хороо боловсруулсан.

Энэ гуравдугаар хэвлэлээр техникийн хяналтыг үндэслэсэн хоёрдугаар хэвлэлийг (ISO 12569:2012) хүчингүй болгож, сольсон.

**Foreword**

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation on the voluntary nature of standards, the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see the following URL: www.iso.org/iso/foreword.html.

This document was prepared by Technical Committee ISO/TC 163, Thermal performance and energy use in the built environment, Subcommittee SC 1, Test and measurement methods.

This third edition cancels and replaces the second edition (ISO 12569:2012), which has been technically revised.

**Танилцуулга**

Барилга байгууламжийн агаар сэлгэлтийн зорилго нь гадна орчноос агаар оруулах, мөн байр сууцад үүссэн бохирдуулагч бодисууд, дулаан, чийг болон үнэр зэргийг багасгах, зайлуулах замаар эрүүл ахуйн зохистой нөхцөл байдлыг хангахад оршино. Эрчим хүч хэмнэх талаас авч үзвэл агаар сэлгэх үед дулаан алдах болон дулаан ялгарахыг хамгийн ихээр бууруулахын тулд агаар сэлгэлтийг шаардлагатай түвшинд байлгах нь чухал байдаг. Жишээ нь, агааржуулалтын системийн үзүүлэлтийг төлөвлөсөн хэмжээнд байгааг шалгах, бохирдуулагч бодисуудын үүсвэрийн хэмжээг тооцоолох, бохирдуулагч бодисуудыг найдвартай зайлуулсан гэдэгт баталгаа гаргахын тулд агаарын хувийн зардлыг хэмжих шаардлага ихэвчлэн гардаг. Энэ баримт бичигт тайлбарласан аргуудыг солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардлыг хэмжихэд хэрэглэх боломжтой.

**Introduction**

The aim of ventilation is to maintain a proper hygienic status of the room by introducing outdoor air and diluting contaminants, heat, moisture or odour generated in the room, and evacuating them. In terms of energy savings, it is also important to keep the ventilation at the required rate, in order to reduce heat loss and heat gain under air conditioning as much as possible. Measurement of airflow rates is often necessary, for example, to check if the performance of a ventilation system is as intended, to assess the source strength of contaminants, to ensure that contaminants are properly eliminated, etc. The methods described here can be used to measure the ventilation rate or the specific airflow rate.

**МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ**

Ангилалтын код

|  |  |
| --- | --- |
| **Барилга болон материалын дулаан хамгаалалт – Барилга байгууламжид агаарын хувийн зардлыг тодорхойлох – Заагч хийг шингэрүүлэх арга** | **MNS ISO 12569:2023** |
| **Thermal performance of buildings and materials - Determination of specific airflow rate in buildings - Tracer gas dilution method** | **ISO 12569**  **Third edition, 2017-08** |

Стандарт, хэмжил зүйн газрын даргын 2023 оны … дугаар сарын ... -ний өдрийн ... дугаар тушаалаар батлав.

Энэ стандартыг 2023 оны ... дугаар сарын ...-ний өдрөөс эхлэн дагаж мөрдөнө.

|  |  |
| --- | --- |
| **1 Хамрах хүрээ**  Барилга байгууламжийн дотор талын орон зайд (тусдаа нэг бүс гэж авч үздэг) заагч хий хэрэглэн, солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардлыг тодорхойлох аргуудыг энэ баримт бичигт тайлбарласан.  Заагч хийн концентраци нэгэн жигд байх, ялгарах хийн концентрацийг хэмжих, идэвхтэй холилдох бүс болон /эсвэл агаар сэлгэлт хэлбэлзэн өөрчлөгдөхөд хамаарах, нийлмэл нөхцөлтэй барилга байгууламжид хэмжлийн аргуудыг хэрэглэнэ.  Энэ стандартад заагч хий хэрэглэдэг хэмжлийн гурван аргыг авч үзсэн. Үүнд: концентрацийг бууруулах арга, тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга болон тогтмол концентрацийн арга байна.  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн тусгай нөхцөлүүдийг 1-р хүснэгтэд заасан.  **2 Норматив эшлэл**  Энэ баримт бичигт норматив эшлэл байхгүй.  **3 Нэр томьёо, тодорхойлолт**  Энэ стандартын шаардлагад дараах нэр томьёо болон тодорхойлолтыг хэрэглэнэ.  ОУСБ болон ОУЦТК-оос стандартчилалд хэрэглэхэд зориулсан нэр томьёоны мэдээллийн санг дараах цахим хаягт байршуулсан. Үүнд:  - ОУСБ-ын Онлайнаар харах платформ: http://www.iso.org/obp  - ОУЦТК-ын Электропедиа сайт: http://www.electropedia.org/ байна.  **3.1**  **тусдаа бүс**  V  зөвхөн гадна орчинтой агаар солилцдог орон зай  **3.2**  **идэвхтэй холилдох бүс**  Vemz  тусдаа бүсэд (3.1) заагч хий (3.6) шахсан үед хий нэгэн жигд тархсан гэж үзэх боломжтой бөгөөд битүү тавиур эсвэл агуулахын байр байхгүй, тухайн тусдаа бүс доторх орон зай  1-р тайлбар: Куб метр нэгжээр хэмжинэ.  2-р тайлбар: Заагч хийн концентрацийг нэгэн жигд барихын тулд энэ бүсэд агаарыг зориуд холих шаардлага ихэнхдээ гардаг.  **3.3**  **солилцуулах агаарын зарцуулалт**  QV  тухайн бүсээс гадна орчин руу нэгж хугацаанд дамжих агаарын нийт эзлэхүүн  1-р тайлбар: м3/с эсвэл м3/ц-аар хэмжинэ.  **3.4**  **агаарын хувийн зардал**  N  бүсийн солилцуулах агаарын зарцуулалтыг (3.3) идэвхтэй холилдох бүсийн (3.2) эзлэхүүнд нэгж секунд эсвэл нэгж цагт харьцуулсан харьцаа  **3.5**  **хашлага бүтээц**  барилгын дотор талын эзлэхүүнийг гадна талын орчноос тусгаарласан зааг эсвэл хаалт  **3.6**  **заагч хий**  агаарын зардлыг судлахын тулд маш бага концентрацид хэмжих, мөн агаартай холих боломжтой хий  **3.7**  **концентрацийг бууруулах арга**  заагч хийг (3.6) шахаж дууссаны дараа тэмдэглэж авсан концентрацийн муруйн бууралтаас агаарын хувийн зардлыг олох арга  **3.8**  **тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга**  заагч хийг (3.6) байнга үүсгэсэн эсвэл шахсаны үр дүнд бий болгосон концентрациас солилцуулах агаарын зарцуулалтыг олох арга  **3.9**  **тогтмол концентрацийн арга**  тогтмол концентрацид зориулан, орон зайд тунласан заагч хийг (3.6) шахах зарцуулалтаас солилцуулах агаарын зарцуулалтыг (3.3) олох арга  **4 Хэмжлийн арга, тухайн аргыг сонгох**  **4.1 Ерөнхий зүйл**  Барилгын бүтэц, агааржуулалтын систем болон хэрэглэж буй хэмжих хэрэгслээс шалтгаалан, хэмжих болон өгөгдөл боловсруулах аргыг сонгоно. Солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардлыг тооцоолохын тулд хэмжлийн гурван аргын аль нэгийг (концентрацийг бууруулах арга, тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга, тогтмол концентрацийн арга) хэрэглэдэг. Концентрацийг бууруулах аргын хэмжлийн хугацаа нь хэдэн цаг хүртэл хязгаартай бол тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга, тогтмол концентрацийн арга нь хэдэн долоо хоног хүртэл хэмжлийн урт хугацаатай байж болно. Хэмжлийн аргыг сонгох зааварчилгаа болон тухайн аргаар юуг хэмжих тухай 1-р хүснэгтэд заасан.  Солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардлыг тодорхойлох нарийвчлалыг сайжруулахын тулд хэмжлийн аргад шаардагдах урьдчилсан нөхцөлд ойролцоогоор нийцүүлэх арга хэмжээг авах хэрэгцээ заримдаа гарна. Тухайлбал, идэвхтэй холилдох бүс дэх агаарын концентрацийн нэгэн жигд байдлыг хэмжлийн аргад шаардсан бол барилгын доторх агаарыг зориуд холих нь давуу талтай. Барилгын доторх агаарыг зориуд холиход солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл эсвэл агаарын хувийн зардалд бага нөлөө үзүүлнэ. Гэхдээ агаарын температурын зөрүүний улмаас байгалийн агаар сэлгэлт давамгайлсан, өрөөний доторх температур нэлээд хуваагдсан эсвэл холимог агаарт шууд нөлөөлөх зорилгоор барилга доторх агаар нэвчих талбайд сэнсээр агаарын урсгал өгч байгаа бол агаарыг зориуд холих нь солилцуулах агаарын зарцуулалт хэмжихэд нөлөөлөх эрсдэлтэй. Ийм тохиолдолд агаар холих системийг сайжруулах хэрэгтэй эсвэл агаар холихгүйгээр концентрацийн нэгэн жигд байдлыг хангах хэмжлийн аргыг сонгохыг зөвлөж болох юм.  Төрөл бүрийн хэрэглээнд зориулан, 1-р хүснэгтэд бичсэн тодорхойлолтуудыг дараах байдлаар тайлбарлана. Үүнд:  - “Өрөөний агаарын концентрацийг зөвхөн эхний үе шатанд нэгэн жигд барих боломжтой” гэдэг нь заагч хийг тухайн бүсэд өгөх үед агаарыг зориуд холих зэрэг аргаар идэвхтэй холилдох бүсийн концентрацийг нэгэн жигд болгох, гэхдээ хэмжлийн явцад концентраци хуваарилахыг зарчмын хувьд зөвшөөрнө гэсэн утгатай.  - “Өрөөний агаарын концентрацийг байнга нэгэн жигд барих боломжтой” гэж тодорхойлсон бол идэвхтэй холилдох бүсэд агаарыг байнга зориуд холих нь илүү тохиромжтой. Гэхдээ тогтмол концентрацийн аргыг хэрэглэвэл, хэд хэдэн газарт заагч хий шахах замаар концентрацийг хянаж, хэдэн байрлалд агаарын сорьц авч байгаа бол агаарыг холихгүйгээр концентраци нь нэгэн жигд гэж таамаглаж болно.  - “Сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжиж боломжтой” гэсэн нь идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентрацийг хольсны дүнд нэгэн жигд болгосон эсвэл яндангийн агааржуулалтын систем хэрэглэн, бүсийн доторх даралтыг гадна орчны даралтаас бага болгосон эсвэл агаар нэвчих талбай маш бага учраас агаар нэвчих хурдыг тооцохгүй байж болно, харин агаар нэвчих замуудыг урьдаас тодорхойлох боломжтой тохиолдлыг заасан утгатай.  - “Идэвхтэй холилдох бүсийн тодорхой эзлэхүүн” шаардагдах хэмжлийн аргуудыг хэрэглэх үед өрөөний хэмжээсүүдийг ашиглан, идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүнийг тооцож болно. Гэхдээ дундаж урвуу концентрацийн арга болон дундаж концентрацийн аргыг хэрэглэх үед солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолох хангалттай урт хугацаатай бол идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүнийг тооцоолохын тулд өндөр нарийвчлал шаардахгүй.  - “Солилцуулах агаарын зарцуулалтад үүсэх хэлбэлзлийг үл тооцож болно” гэх тохиолдлуудад солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардал нь цаг хугацааны явцад өөрчлөгдөхгүй гэсэн таамаглалд үндэслэн хэрэглэх боломжтой хэмжлийн аргуудыг зохиодог.  - Нягтын нэгжид хувиргасан сорох агаарын температурын утгаар заагч хийн эзлэхүүнийг тодорхойлно. Өрөөний агаарыг сайн хольсон үед өрөөний агаарын температур нь сорох агаарын температуртай ойролцоогоор тэнцүү байна.  - 1-р хүснэгтэд заасан хэмжлийн аргуудаас гадна идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүн болон солилцуулах агаарын зарцуулалтыг нэг зэрэг хэмжих боломж олгодог, тасалж өгөх тунгийн аргыг нэмэлтээр авч үзсэн.  - Бусад хэмжлийн хооронд солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжих үед хэрэв идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүн тодорхой бол идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүнийг агаарын хувийн зардлаар үржүүлэх аргаар солилцуулах агаарын зарцуулалтыг олоод, дараа нь солилцуулах агаарын зарцуулалтын нэгжид хувиргах боломжтой. | **1 Scope**  This document establishes methods to obtain the ventilation rate or specific airflow rate in a building space (which is considered to be a single zone) using a tracer gas.  The measurement methods apply for spaces where the combined conditions concerning the uniformity of tracer gas concentration, measurement of the exhaust gas concentration, effective mixed zone and/or fluctuation of ventilation are satisfied.  This document provides three measurement methods using a tracer gas: concentration decay method, continuous dose method, and constant concentration method.  NOTE Specific measurement conditions are given in Table 1.  **2 Normative references**  There are no normative references in this document.  **3 Terms and definitions**  For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.  ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:  — ISO Online browsing platform: available at http://www.iso.org/obp  — IEC Electropedia: available at http://www.electropedia.org/  **3.1**  **single zone**  V  space which only exchanges air with the outside  **3.2**  **effective mixed zone**  Vemz  space within a single zone (3.1), excluding sealed furniture or storage space, in which tracer gas (3.6) supplied to the zone is regarded as uniformly distributed  Note 1 to entry: Measured in cubic metres.  Note 2 to entry: Forced mixing of air in the zone is often needed to keep uniform tracer gas concentration.  **3.3**  **ventilation rate**  QV  total volume of air passing through the zone to the outside per unit of time  Note 1 to entry: Measured in m3/s or m3/h.  **3.4**  **specific airflow rate**  N  ratio of the ventilation rate (3.3) of a zone to the volume of the effective mixed zone (3.2), per second or per hour  **3.5**  **building envelope**  boundary or barrier separating the interior volume of a building from the outside environment  **3.6**  **tracer gas**  gas that can be mixed with air and measured in very small concentration in order to study airflow rate  **3.7**  **concentration decay method**  method by which the specific airflow rate (3.4) is obtained from the decaying curve of concentration observed after the end of the injection of tracer gas (3.6)  **3.8**  **continuous dose method**  method by which the ventilation rate (3.3) is obtained from the concentration resulting from continuous generation or injection of the tracer gas (3.6)  **3.9**  **constant concentration method**  method by which the ventilation rate (3.3) is obtained from the injection rate of tracer gas (3.6) dosed for constant concentration in the space  **4 Measurement method and its selection**  **4.1 General**  Selection of a measurement method and data processing depends on the building structure, ventilation system and measurement instrument employed. One of the three measurement methods (concentration decay method, continuous dose method and constant concentration method) is used to estimate the ventilation rate or specific airflow rate. The concentration decay method has a limited measurement time of up to several hours while the continuous dose and constant concentration methods can provide a longer measurement time up to several weeks. The guideline of selection of the method and what is measured by the method is listed in Table 1.  In order to improve the accuracy of deriving the ventilation rate or specific airflow rate, it is sometimes necessary to devise measures that approximate prerequisite conditions demanded of measurement methods. In particular, if a measurement method were used that requires uniformity of concentration in the effective mixed zone, it would be preferable to forcibly mix the internal air. In general, forced mixing of internal air has little effect on ventilation rate or specific airflow rate, but there is a risk that forced mixing affects the measured ventilation rate if natural ventilation due to temperature differences predominates and the temperature within the room is distributed significantly, or if airflow emitted from a fan for the purpose of mixing air directly impinges on the leakage areas in buildings. In such instances, a mixing system needs to be improved or it would be recommended to select a measurement method that could ensure uniformity of concentration without mixing.  In Table 1, specifications for the various applications are described as follows.  - “Room concentration can be maintained uniform at initial stage only” means making the concentration in the effective mixed zone uniform by a method such as forced mixing when supplying a tracer gas into the zone, but allowing the concentration to be distributed in principle with the measurement.  - If it is specified that “room concentration can be maintained uniform at all times”, continuous forced mixing of air in the effective mixed zone is preferable. However, if the constant concentration method is used, and if concentration is controlled by injecting the tracer gas at several places and air is sampled at several locations, it is possible to assume that concentration is uniform without mixing.  - “Average exhaust concentration can be measured” can either mean instances in which concentration in an effective mixed zone is made uniform using mixing, or instances whereby the pressure inside a zone is kept lower than the outside when using the exhaust ventilation system, or the leakage area is extremely low so the exfiltration rate may be ignored and exhaust pathways may be specified beforehand.  - When using measurement methods that require the “known volume of an effective mixed zone”, the volume of the effective mixed zone can be estimated using room dimensions. However, when using the corresponding average inverse concentration method and average concentration method, high accuracy for estimating the volume of an effective mixed zone is not needed if a sufficiently long time is taken to evaluate the ventilation rate.  - Measurement methods that can be applied in instances where “fluctuation in ventilation rate can be ignored” are designed on the assumption that the ventilation rate or specific airflow rate over time does not change.  - The tracer gas volume is defined as the value of exhaust temperature converted into density. When the room air is mixed well, the room temperature approximately matches the exhaust temperature.  - In addition to the measurement methods in Table 1, there is an intermittent dose method that allows the measurement of the volume of an effective mixed zone and ventilation rate at the same time.  - For measurement of ventilation rate among the other measurements, if volume of an effective mixed zone is known, the ventilation rate can be obtained by multiplying the volume of the effective mixed zone by the specific airflow rate, and then converting to ventilation rate. |

**Table 1 — Relationship of method, application and estimated quantities**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Method** | | **Application and measured quantities** | | | | | | |
| **Application** | | | | | **What is measured** | |
| Room concentration can be maintained uniform  at initial  stage only | Room concentration can be maintained uniform at all times | Average exhaust concentration can be measured | Known volume of effective mixed zone | Fluctuation in ventilation rate can be ignored | Ventilation rate or specific air- flow rate | Flexibility to significantly transient ventilation rate |
| Concentration decay method | Two- point decay method | — | • | — | — | — | Specific air- flow rate | Δ |
| Multi- point decay method | — | • | — | — | • | Specific air- flow rate |  |
| Step- down exhaust concentration method | • | — | • | — | • | Specific air- flow rate |  |
| Pulse method | — | — | • | — | • | Ventilation rate |  |
| Continuous dose method | Aver- age of inverse concentration method | — | • | — | • | — | Ventilation rate | Δ |
| Average concentration method | — | • | — | • | • | Ventilation rate |  |
| Stationary concentration method | — | — | • | — | • | Ventilation rate |  |
| Constant concentration method | | — | • | — | — | — | Ventilation rate | Δ |
| “•” indicates the necessary condition for the application to measure the quantity according to each method. “—” indicates that it is not a necessary condition for each method to be applied.  “Δ” indicates reasonable applicability because the basic equation to derive the measurement method permits temporal change in ventilation rate.  “” indicates difficulty because the basic equation to derive the measurement method assumes constant ventilation rate. | | | | | | | | |

**1-р хүснэгт – Хэмжлийн арга, хэрэглээ болон тооцоолсон тоо хэмжээний харилцан хамаарал**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Арга** | | **Хэрэглээ болон хэмжсэн тоо** | | | | | | |
| **Хэрэглээ** | | | | | **Юуг хэмжих** | |
| Өрөөний агаарын концентрацийг зөвхөн эхний үе шатанд нэгэн жигд барих | Өрөөний агаарын концентрацийг байнга нэгэн жигд барих | Сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжих боломжтой | Идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүн тодорхой байх | Солилцуу-лах агаарын зарцуулалтад гарах хэлбэлзлийг үл тооцох боломжтой | Солилцуу-лах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардал | Солилцуу-лах агаарын эгшин зуурын зарцуулалт нэлээд их байх үеийн уян хатан чанар |
| Концентрацийг бууруулах арга | Хоёр эгшинд бууруулах арга | — | • | — | — | — | Агаарын хувийн зардал | Δ |
| Олон эгшинд бууруулах арга | — | • | — | — | • | Агаарын хувийн зардал |  |
| Сорох агаарын концентрацийг бууруулах  арга | • | — | • | — | • | Агаарын хувийн зардал |  |
| Нарийвч-лалтай хэмжих арга | — | — | • | — | • | Солилцуу-лах агаарын зарцуулалт |  |
| Тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга | Урвуу концентрацийн аргын дундаж | — | • | — | • | — | Солилцуу-лах агаарын зарцуулалт | Δ |
| Дундаж концентрацийн арга | — | • | — | • | • | Солилцуу-лах агаарын зарцуулалт |  |
| Тогтвортой концентрацийн арга | — | — | • | — | • | Солилцуу-лах агаарын зарцуулалт |  |
| Тогтмол концентрацийн арга | | — | • | — | — | — | Солилцуу-лах агаарын зарцуулалт | Δ |
| “•” – тэмдэглэгээ нь хэмжлийн арга тус бүрийн дагуу тухайн хэрэглээнд тоо хэмжээг хэмжихэд шаардлагатай нөхцөлийг заана.  “—” – тэмдэглэгээ нь хэмжлийн арга тус бүрийг хэрэглэхэд шаардагдах нөхцөл байхгүйг заана.  “Δ” – тэмдэглэгээ нь тухайн хэмжлийн аргыг тодорхойлсон тэнцэтгэлд солилцуулах агаарын зарцуулалтыг түр хугацаанд өөрчлөгдөхийг зөвшөөрдөг учраас боломжтой үед хэрэглэхийг заана.  “” – тэмдэглэгээ нь тухайн хэмжлийн аргыг тодорхойлсон тэнцэтгэлд солилцуулах агаарыг тогтмол зарцуулалттай гэж таамагладаг учраас хэрэглэхэд хэцүү болохыг заана. | | | | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **4.2 Концентрацийг бууруулах арга**  **4.2.1 Зарчим**  Концентрацийг бууруулах өгөгдлийг гарган авсан үндэслэлээр солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолох шаардлагатай бүсэд заагч хийг туршилтын эхэнд шахна. Концентрацийг нэгэн жигд хуваарилахын тулд агаарыг зориуд хольсон тохиолдолд эсвэл сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжих боломжтой бол хэмжлийн нэг эгшинтэй байж болно.  Нэг хэмжилд зориулсан заагч хийн хэмжээ маш бага байх төдийгүй нарийвчлалтай хэмжих аргыг эс тооцвол шахсан хийн хэмжээг нарийвчлан хэмжих шаардлагагүй.  Хэмжлийн аргуудад нийтлэг хэрэглэх боломжтой үндсэн тэнцэтгэлийг (1)-р томьёогоор бичиж, м3/ц буюу м3/с нэгжээр илэрхийлсэн.  (1)  үүнд:  t – хугацаа, ц эсвэл с;  Vхий (t) нь хугацаанд нэг бүсэд шахсан заагч хийн нийт эзлэхүүн, м3;  x – бүсэд орших байршил;  C (x, t) - бүсэд байх t хугацаа, x байршил дахь концентраци, м3/ м3;  Qv(t) – t хугацааны солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;  CE(t) – “t” хугацаанд хэмжсэн сорох агаарын дундаж концентраци, м3/ м3 нэгжтэй.  ТАЙЛБАР: Агаарын температурын зөрүүнээс үндсэндээ үүсдэг, барилга дотор болон гадна орчны агаарын нягтын зөрүүг (1)-р томьёонд тооцохгүй байж болно.  **4.2.2 Концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах арга**  Идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентраци байнга нэгэн жигд байхад хэмжлийн үеийн солилцуулах агаарын зарцуулалтыг дундаж хугацаанд олохдоо хэмжлийг эхлэх эгшнээс дуусгах эгшин хүртэл тооцоолно. Харин хэмжлийн явцад агаарын хувийн зардлыг тогтмол байлгах шаардлагагүй.  Дээр дурдсан нөхцөлийг (2)-р томьёогоор тогтоосон.  (2)  үүнд:  C(t) – идэвхтэй холилдох бүсэд t хугацаанд хэмжсэн агаарын концентраци, м3/ м3;  Vихб – идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүн (хугацааны өөрчлөлтгүй гэж үзсэн), томьёогоор олсон утгатай тэнцүү бөгөөд м3 нэгжтэй.  (4)-р томьёог гаргахын тулд (1) болон (2)-р томьёоноос (3)-р томьёог бичнэ.    (3)  (4)  үүнд:  t – хугацаа, ц;  t1 – хэмжлийг эхэлсэн эгшин, ц;  t2 – хэмжлийг дуусгасан эгшин, ц;  N – хугацааны дунджаар авсан агаарын хувийн зардал нь томьёогоор олсон утгатай тэнцүү бөгөөд 1/ц нэгжтэй.  Хоёр өөр эгшинд хэмжсэн концентрацийн өгөгдөлд үндэслэн, агаарын хувийн зардлыг дундаж хугацаанд хэмжлийн үеийн туршид тооцоолно. Хэмжлийн үеийн туршид идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентрацийг нэгэн жигд хадгалах хэрэгтэй. Агаарын хувийн зардлыг нарийвчлалтай хэмжихийн тулд хэмжлийг эхлэх эгшнээс дуусгах эгшин хоорондын агаарын концентрацийн зөрүүг концентрацийг хэмжихэд гарсан алдаанаас хангалттай их байлгах шаардлагатай.  **4.2.3 Концентрацийг олон эгшинд бууруулах арга**  Идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентрацийн нэгэн жигд хуваарилалтыг хадгалсан, солилцуулах агаарын зарцуулалт хугацааны явцад хэлбэлзэхгүй үед агаарын хувийн зардлыг тооцоолно.  (3)-р томьёогоор олсон солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тогтмол болгосон үед (5)-р томьёог бичсэн бөгөөд томьёог хувиргавал:  (5)  үүнд:  N – агаарын хувийн зардал, ц нэгжтэй байна.  (5)-р томьёонд харуулсан шулуун шугам хүртэл хамгийн бага квадратын аргаар концентрацийг хэмжсэн өгөгдлийг хэрэглэж, агаарын хувийн зардлыг тооцоолно. loge C(t) логарифмын t хугацаанаас хамаарсан диаграмм нь шулуун хамааралтай үед агаарын хувийн зардал хугацааны явцад хэлбэлзэхгүй гэж нотлох нь урьдчилсан нөхцөл болно. Шулуун хамааралгүй бол солилцуулах агаарын зарцуулалт тогтмол биш гэдгийг заах учраас энэ аргаар олсон агаарын хувийн зардал нь хугацааны дунджаар авсан агаарын хувийн зардал биш юм. Энэ тохиолдолд концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах аргыг хэрэглэх шаардлагатай.  **4.2.4 Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга**  Хэмжлийг эхлэх эгшинд идэвхтэй холилдох бүс дэх агаарын концентрацийн хуваарилалт нэгэн жигд байх бөгөөд сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжих боломжтой, солилцуулах агаарын зарцуулалт хугацааны явцад хэлбэлзэхгүй үед агаарын хувийн зардлыг тооцоолдог. Түүнчлэн хэмжлийг эхэлсний дараа агаарын концентрацийг хуваарилсан үед энэ аргыг хэрэглэж болно. Агаар хуваарилах дундаж хугацаатай нэг зэрэг хэмжих боломж мөн байдаг.  Солилцуулах агаарын зарцуулалтыг (1)-р томьёонд тогтмол болгох замаар хугацааг хязгааргүй хүртэл интеграцичилж, (6)-р томьёог бичнэ.  (6)  Хэмжлийг эхлэх эгшинд, идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентрацийг нэгэн жигд болговол дараах үр дүн гарна.  Дараа нь хангалттай хугацаа өнгөрөхөд гарах үр дүн нь  бөгөөд эндээс (7)-р томьёог бичсэн.  (7)  Өөрөөр хэлбэл, агаар сорох янданд байх агаарын дундаж хугацааны урвуу утга нь өрөөн дэх агаарын хувийн зардал болно. Агаар сорох хэд хэдэн яндантай тохиолдолд яндан бүрийн сорох агаарын хувийн зардлаас хамааран, сорох агаарын жинлэсэн дундаж концентрацийг хэрэглэдэг.  ТАЙЛБАР: Хэрэв сорох агаарын температур болон өрөөний температур хоорондын зөрүүг үл тооцох боломжгүй бол F хавсралтыг үзнэ үү.  **4.2.5 Нарийвчлалтай хэмжих арга**  Сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжих боломжтой, солилцуулах агаарын зарцуулалт хугацааны явцад хэлбэлзэхгүй үед солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолно. Хэмжлийг эхлэх эгшинд шахсан заагч хийн эзлэхүүнийг нарийвчлан тооцоолох хэрэгтэй байдаг ч тусдаа бүсэд агаарын концентрацийн хуваарилалтыг нэгэн жигд байлгах шаардлагагүй.  Энэ тохиолдолд (6)-р томьёонд Vхий(t1) эзлэхүүнийг тодорхойлсон бөгөөд хангалттай хугацаа өнгөрсний дараах үр дүн нь:  болно.  Эндээс (8)-р томьёог бичвэл:  (8)  үүнд:  Vхий(t) – хэмжлийг эхлэх t1 хугацаанд өрөөнд үлдсэн заагч хийн эзлэхүүн (шахсан заагч хийн эзлэхүүнтэй тэнцүү) бөгөөд м3 нэгжээр хэмжинэ.  ТАЙЛБАР: Агаарын нягтад хувиргасан сорох агаарын температурын утгыг заагч хийн эзлэхүүнээр хэрэглэдэг.  **4.3 Тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга**  **4.3.1 Зарчим**  Тусдаа бүсэд заагч хийг байнга шахах үед тун болон концентрацийг хэмжсэн өгөгдлийн нийлбэрээр солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжинэ. Хэрэв заагч хийг шахсан, идэвхтэй холилдох бүсийн хаа сайгүй агаарын концентрацийг нэгэн жигд хуваарилах шаардлагатай хэмжлийн арга хэрэглэсэн бол агаарын концентрацийг нэгэн жигд хуваарилсан эсэхийг шалгах хэд хэдэн эгшин ихэнхдээ хэрэгтэй болдог. Хэмжлийн хугацааг сунгах тусам шахсан заагч хийн хэмжээ ихсэнэ. Гэхдээ урт хугацааны туршид үргэлжлэх хэмжилд энэ аргыг хэрэглэх боломжтой. Оршин суугчдын амьсгалаас үүссэн нүүрстөрөгчийн давхар ислийг заагч хий болгон хэрэглэж, идэвхгүй хэмжил хийх нь байнгын концентрацийн аргуудын нэг юм.  Тасралтгүй хэмжээгээр өгөх аргуудад нийтлэг хэрэглэдэг үндсэн томьёог (9)-р томьёо болгон бичсэн.  (9)  үүнд:  m(t) – t хугацаанд шахсан заагч хийн хэмжээ, м3/ц нэгжтэй.  **4.3.2 Дундаж урвуу концентрацийн арга**  Хэмжлийг эхлэхээс дуусгах хүртэл идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентрацийн нэгэн жигд хуваарилалтыг хадгалсан үед хугацааны дунджаар авсан агаарын хувийн зардлыг тооцоолно. Хэмжлийн явцад солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тогтмол байлгах шаардлага тавихгүй. Гэхдээ хэмжлийн үед агаарын концентрацийг эгшин зуурт хэмжих, заагч хийн хэмжээг эгшин зуурт хэмжих болон идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүнийг олох хэрэгтэй.  Дээр дурдсан нөхцөлүүдэд үндэслэн, (10)-р томьёог бичсэн.  (10)  үүнд:  C(t) – идэвхтэй холилдох бүсэд t хугацаанд хэмжсэн агаарын концентраци, м3/ м3;  Vихб – идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүн, м3 нэгжтэй.  (12)-р томьёог гаргахын тулд (9) болон (10)-р томьёоноос (11)-р томьёог бичнэ.  (11)  (12)  үүнд:  t – хугацаа, ц;  t1 – хэмжлийг эхэлсэн эгшин, ц;  t2 – хэмжлийг дуусгасан эгшин, ц;  – хугацааны дунджаар авсан агаарын хувийн зардал бөгөөд  томьёогоор олсон утгатай тэнцүү, м3/ц;  – хэмжигдэхүүний утгыг томьёогоор олохоос гадна м3/ц нэгжтэй байна.  хэмжигдэхүүн нь хэмжигдэхүүнээс үндсэндээ ялгаатай. Хэмжлийн үед заагч хийн хэмжээ тогтмол байх бөгөөд m хэмжигдэхүүнтэй тэнцүү үед хэмжигдэхүүнийг хэмжигдэхүүнээр солино. Хэмжих хугацаа хангалттай үед (12)-р томьёоны баруун талын хоёрдугаар гишүүний нөлөө багасдаг. Тиймээс ийм нөхцөлүүдэд, мөн идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүнийг тооцоолоход хангалттай нарийвчлалтай байж чадахгүй тохиолдолд энэ аргыг хэрэглэх боломжтой. Заагч хийн хэмжээг хэмжиж эхэлсэн даруй агаарын концентраци ерөнхийдөө бага байдаг нь агаарын дээж авах систем болон концентрацийг хэмжих системийн хариуг удаашруулахад хүчтэй нөлөө үзүүлдэг. Түүнчлэн концентрацийг хэмжсэн утгад алдаа үүсгэх учраас солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолоход энэ эгшний өгөгдлийг хэрэглэхгүй байвал зохино.  **4.3.3 Дундаж концентрацийн арга**  Идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентрацийн нэгэн жигд хуваарилалтыг хадгалсан үед хугацааны явцад хэлбэлзэхгүй байх солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолдог. Хэмжих хугацаа хангалттай байвал заагч хийн хэмжээг хугацааны дунджаар авч, хэмжлийн явцад хугацааны дунджаар авсан агаарын концентрациар тооцоо хийх боломжтой.  (9)-р томьёоноос (10)-р томьёог тооцсон учраас хэмжлийн хугацааны интеграциар (13)-р томьёог бичвэл:  (13)  Хэрэв солилцуулах агаарын зарцуулалт хугацааны явцад хэлбэлзэхгүй (Qv(t) = Qv)бол (14)-р томьёог дараах байдлаар бичнэ.  (14)  үүнд:  , м3/ц;  , м3/м3 нэгжтэй.  Хэмжих хугацаа хангалттай үед (14)-р томьёоны хоёрдугаар гишүүний нөлөө харьцангуй бага болох учраас үл тооцох боломжтой. Гэхдээ солилцуулах агаарын зарцуулалт хугацааны явцад хэлбэлзэх тохиолдолд (13)-р томьёонд дундаж утгын теоремыг хэрэглэн, (15)-р томьёог бичиж болох юм.  , t1≤ ≤ t2 (15)  (15)-р томьёогоор олсон солилцуулах агаарын зарцуулалт нь хэмжлийн явцын хугацааны тодорхой эгшний солилцуулах агаарын зарцуулалт болно. Гэхдээ энэ нь хугацааны дунджаар авсан солилцуулах агаарын зарцуулалт биш юм. Заагч хийн хэмжээг хэрэглэн, өрөөн дэх бохирдуулагч бодис үүсгэгчийн загвар гаргах, оршин суугчдад нөлөөлж байгаа агаарын концентрацийг хугацааны дунджаар тооцоолох зорилгод (15)-р томьёогоор бодсон солилцуулах агаарын зарцуулалт тохиромжтой. Тиймээс агаарын концентрацийг эгшин зуурт хэмжих, заагч хийн хэмжээг эгшин зуурт хэмжих боломжтой үед солилцуулах агаарын дундаж зарцуулалтыг хэмжихийн тулд урвуу концентрацийн аргыг хэрэглэх шаардлагатай.  **4.3.4 Тогтвортой концентрацийн арга**  Сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжих боломжтой нөхцөлд солилцуулах агаарын зарцуулалт нь хугацааны явцад хэлбэлзэхгүй үед солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолдог. Түүнчлэн тусдаа бүсэд агаарын концентрацийг хуваарилсан үед тооцооллын энэ аргыг хэрэглэж болно.  Тогтмол төлөвтэй болсон бөгөөд (9)-р томьёонд түр зуурын өөрчлөлт гараагүй үед (16)-р томьёог бичвэл:  (16)  үүнд:  m – заагч хийн хэмжээ, м3/ц;  CE – сорох агаарын дундаж концентраци, м3/м3 нэгжтэй.  Өөрөөр хэлбэл, агаарын тогтмол концентрацийг заагч хийн хэмжээнд хувааж, солилцуулах агаарын зарцуулалтыг олно.  **4.4. Тогтмол концентрацийн арга**  Идэвхтэй холилдох бүсэд агаарын концентрацийг төлөвлөсөн утгад барихын тулд заагч хийн хэмжээг хянах, мөн солилцуулах агаарын зарцуулалтыг заагч хийн хэмжээнээс тооцоолох хэрэгтэй. Олон эгшинд заагч хийг хэмжээтэй шахаж, хэмжих нь барилгын доторх агаарыг нэгэн жигд холиогүй үед хүртэл агаарын концентрацийн хуваарилалтыг нэгэн жигд болгох боломж олгодог. Заагч хийн хэмжээг хянахад тусгай тоног төхөөрөмж шаардагдана.  Хэрэглэвэл зохих үндсэн тэнцэтгэлийг (17)-р томьёо болгон бичсэн (ойлгоход хялбар болгохын тулд урьдчилсан нөхцөлийн агаарын концентрацийг 0 гэж авсан).  (17)  үүнд:  Cтооцоолсон - тогтмол концентрацийн аргад зориулан тооцоолсон концентраци, м3/м3;  Qv(t) - t хугацааны солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;  m(t) - t хугацаанд шахах заагч хийн хэмжээ, м3/ц нэгжтэй болно.  Энэ нөхцөлд нийцүүлэн, (18)-р томьёог хэрэглэж, солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолно.  (18)  **4.5 Заагч хийн төрөл**  Тусдаа бүсэд солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжихэд хэрэглэдэг зургаан төрлийн заагч хийг 2-р хүснэгтэд жагсаав. | **4.2 Concentration decay method**  **4.2.1 Principle**  At the start of the test, the tracer gas is supplied in the zone where the ventilation rate is to be evaluated based on the concentration decay data obtained. In case of the forced mixing for uniform distribution or if the average exhaust concentration can be measured, the measurement point can be limited to one.  The amount of tracer gas needed is very small for one measurement, and it is not required to accurately measure the amount of injected gas except for the pulse method.  The basic equation that can be commonly applied to the methods is as given in Formula (1), expressed in m3/h or m3/s:  (1)  where  t is the time, in h or s;  Vgas(t) is the total volume of tracer gas in a zone at time , in m3;  x is the location in a zone;  C (x, t) is the concentration at t, x in a zone, in m3/m3;  Qv(t) is the ventilation rate at t, in m3/h;  CE(t) is the average exhaust concentration at “t”, in m3/m3.  NOTE Formula (1) assumes that indoor-outdoor air density difference, mostly resulting from temperature difference, can be neglected.  **4.2.2 Two-point decay method**  With the concentration in an effective mixed zone continuously made uniform, the time average air change rate of measuring period is calculated from the measurement start point to the end point. It is not necessary for the specific airflow rate to be constant during measuring.  Formula (2) is established from the above conditions:  (2)  C(t) is the concentration in an effective mixed zone (uniform distribution) at t, in m3/m3;  Vemz is the volume of an effective mixed zone (no time changes are assumed)  , in m3.  Formula (1) and Formula (2) provide Formula (3) to give Formula (4):  (3)  (4)  where  t is the time, in h;  t1 is the measurement start point, in h;  t2 is the measurement end point, in h;  N is the time-mean specific airflow rate , in 1/h.  Based on the measured concentration data of two different time points, the time average specific airflow rate during measuring period is calculated for that period. During the measurement period, the concentration in the effective mixed zone shall be uniformly maintained. It is necessary for the accurate measuring of specific airflow rate that the difference in concentration between the measurement start point and end point be sufficiently greater than the concentration measurement error.  **4.2.3 Multipoint decay method**  Specific airflow rate is calculated when the concentration distribution in an effective mixed zone is maintained uniform and the ventilation rate does not fluctuate over time.  Formula (5) is obtained when the ventilation rate in Formula (3) is made constant and the formula is transformed:  (5)  where  N is the specific airflow rate, in h.  Specific airflow rate is calculated by applying the measured data of concentration using the least square method to a straight line shown in Formula (5). The precondition that specific airflow rate does not fluctuate over time is confirmed when loge C(t) is plotted against t and there is a linear relationship. Lack of a linear relationship indicates that ventilation rate is not constant, so the specific airflow rate obtained using this method is not the time-mean specific airflow rate. In this instance, the two-point decay method should be applied.  **4.2.4 Step-down exhaust concentration method**  The specific airflow rate is calculated when the average exhaust concentration is measurable, the distribution of the concentration in an effective mixed zone at the measurement start point is uniform, and the ventilation rate does not fluctuate over time. It can also be applied when the concentration is distributed after the start of measuring. Simultaneous measurement with the mean age of air distribution is possible.  When time is integrated up to ∞ by making constant the ventilation rate in Formula (1), Formula (6) is obtained:  (6)  If the concentration in an effective mixed zone is made uniform at the measurement start point, the result is  and after sufficient time has elapsed, the result is  which provides Formula (7):  (7)  That is, the reciprocal value to the mean local age of air in the exhaust outlet becomes the specific airflow rate in the room. In the event of multiple exhaust outlets, the average exhaust concentration weighted depending on the exhaust airflow rate at each exhaust outlet is used.  NOTE Refer to Annex F if the difference between the exhaust temperature and room temperature cannot be ignored.  **4.2.5 Pulse method**  The ventilation rate is calculated when the average exhaust concentration is measurable and the ventilation rate does not fluctuate over time. The tracer gas volume supplied at the measurement start point needs to be accurately evaluated, but the concentration distribution in a zone does not need to be uniform.  In this instance, in Formula (6), Vgas(t1) is already known, and after sufficient time has elapsed, the result is  which provides Formula (8):  (8)  where  Vgas(t) is the tracer gas volume (= supplied tracer gas volume) retained in the room at the measurement start time t1, in m3.  NOTE For the tracer gas volume, a value of exhaust temperature converted into density is used.  **4.3 Continuous dose method**  **4.3.1 Principle**  With the tracer gas being supplied continuously in the zone, the ventilation rate is measured by the amount of the dosage and concentration measurement data. If a measurement method that requires uniformly distributed concentration throughout the effective mixed zone with the tracer gas supplied is used, it normally requires multiple concentration monitoring points to verify the uniform distribution of the concentration. The amount of the tracer gas supplied increases as the measurement time extends; however, the method can be applied to measurement that extends for a long time. The passive measurement that uses carbon dioxide generated by exhalation of residents as the tracer gas is also one of the continuous concentration methods.  The basic formula that can be commonly applied to the methods is as given in Formula (9):  (9)  where  m(t) is the dosage of tracer gas at t, in m3/h.  **4.3.2 Average inverse concentration method**  The time-mean specific airflow rate is calculated from the start to the end of measuring, where the concentration distribution in an effective mixed zone is maintained uniform. It is not necessary for the ventilation rate to be constant during measuring, but the instantaneous concentration during measurement, the instantaneous dosage of tracer gas, and the volume of the effective mixed zone are required.  Formula (10) is established based on the assumed conditions:  (10)  where  C(t) is the concentration in an effective mixed zone (uniform distribution) at t, in m3/m3;  Vemz is the volume of an effective mixed zone, in m3.  Formula (9) and Formula (10) provide Formula (11), which gives Formula (12):  (11)    (12)  where  t is the time, in h;  t1 is the measurement start point, in h;  t2 is the measurement end point, in h;  is the time-mean specific airflow rate , in m3/h;  , in m3/h.  is general different to When the tracer gas dose during measuring is constant and is m, is replaced by . When there is sufficient measuring time, the effect of the second term on the right side in Formula (12) is diminished; so in such circumstance, this method may be applied also to instances where sufficient accuracy is not obtained for estimation of the volume of the effective mixed zone. Immediately after the start of tracer gas dosing, the concentration is generally small, which tends to have a strong effect of delaying the response to the concentration measurement system including the sampling system, and causing errors in the measured concentration value, so at this point data shall not be used for calculating the ventilation rate.  **4.3.3 Average concentration method**  The ventilation rate that does not fluctuate over time when the concentration distribution in an effective mixed zone has been made constantly uniform is calculated. When there is sufficient measuring time, calculation is possible using only the time-mean tracer gas dose and time-mean concentration during the measuring.  Once Formula (10) is supposed for Formula (9), integration in the measuring time provides Formula (13):  (13)  If Qv(t) = Qv without the ventilation rate changing over time, Formula (14) is obtained:  (14)  where  , in m3/h;  , in m3/m3.  When there is sufficient measuring time, the effect of the second term in Formula (14) is relatively minor and can be ignored. However, in the event that the ventilation rate changes over time, if the mean value theorem in Formula (13) were applied, Formula (15) would be obtained.  , t1≤ ≤ t2 (15)  The ventilation rate obtained in Formula (15) provides the ventilation rate at a time during measuring, but it does not end up as the time-mean ventilation rate. The ventilation rate obtained from Formula (15) is suitable in cases where the purpose is to simulate generation of the contaminating substance in the room using tracer gas dosing, and estimate the time-mean concentration to which the inhabitant is exposed. Therefore, when it is possible to measure the instantaneous concentration and instantaneous dosage of tracer gas for the purpose of measuring the mean ventilation rate, the inverse concentration method should be used.  **4.3.4 Stationary concentration method**  The ventilation rate is calculated when the ventilation rate does not fluctuate over time, under conditions in which the average exhaust concentration is measurable. It can also be applied when concentration in a zone is distributed.  Formula (16) is obtained when a stationary state is reached and there are no temporal changes in Formula (9):  (16)  where  m is the tracer gas dose, in m3/h;  CE is the average exhaust concentration, in m3/m3.  That is, the ventilation rate is obtained by dividing the constant concentration by the tracer gas dose.  **4.4 Constant concentration method**  In order to make the concentration in an effective zone regularly constant at targeted value, the tracer gas dose should be controlled and the ventilation rate evaluated from the dosage of tracer gas. Even when the internal air is not uniformly mixed, by establishing multiple tracer gas dose points and measuring points, it is possible to make the concentration distribution uniform. Special equipment is necessary to control the tracer gas dose.  The basic equation to be applied is given in Formula (17) (background concentration has been set at 0 for ease of understanding):  (17)  where  Ctarget is the target concentration for constant concentration method, in m3/m3;  Qv(t) is the ventilation rate at time t, in m3/h;  m(t) is the tracer gas dose at time t, in m3/h.  Accordingly, ventilation rate is calculated using Formula (18):  (18)  **4.5 Type of tracer gas**  Six types of tracer gas as listed in Table 2 are used to measure the ventilation rate in a zone. |

**Table 2 — Types of tracer gas**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Type of gas** | Heliuma | Carbon dioxideb | | Sulfur hexafluoridec | | Perfluoro carbond | Ethylenee | Nitrogen monoxidef |
| **Chemical symbol** | He | CO2b | | SF6c | | CF4(PFC-14)  C2F6(PFC-16) | C2H4 | N2O |
| **Measure ment method** | GC-TCD | Infrared gas ab-sorption | GC-ECD | Хэт улаан хийг шингээх | GC | GC-ECD | Infrared gas ab-sorption and FID and GC | Infrared gas ab-sorption |
| **Example of lower limit**  **detection** | 300x10-6 | 1x10-6 | 70x10-6 | 0,001x10-6 | | - | 0,1x10-6 | 0,1x10-6 |
| **Permissible concentration** | - | 5 000x10-6 | | 1 000x10-6 | | - | - | 25x10-6 |
| **Relative density against air [-]** | 0,138 | 1,545 | | 5,302 | | EXAMPLE:  PFC-14:3,06  PFC-16:4,80 | 0,974 | 1,53 |
| **Global**  **warming potential (GWP)** | - | 1 | | 23 900 | | EXAMPLE:  PFC-14:6500  PFC-16:9200 | - | 310 |
| NOTE 1 In addition to those gases above, nitrogen, carbon monoxide, ethane, methane, isobutene, cyclobutanoctofluoride, Bromomethanetrifluoride, dichlorodifluoridemethane, and dichlorotetrafluoridemethane can be also used as tracer gas.  NOTE 2 The GC in the table indicates general Gas Chromatography, the GC-TCD is the gas chromatography using Thermal Conductivity Detector and GC-ECD using Electron Capture Detector.  NOTE 3 The Global Warming Potential is defined as relative greenhouse effect potential per weight against carbon dioxide. NOTE 4 Infrared gas absorption includes both transmission spectroscopy (TS) and photoacoustic spectroscopy (PAS).  a Helium is chemically stable.  b CO2 is dissolved in water and can be adsorbed with building materials or furniture, and is not suited for precise measurement. However, if the measurement does not require critical accuracy, CO2 is often used. CO2 generated by occupants or any other internal source shall be taken into account. If this CO2 emission rate is not known, this tracer cannot be used.  c SF6 has a large global warming potential and should not be used in a large amount. SF6 is an inactive gas. If it is heated to 500 °C, it generates toxic gases. Therefore, it should not be used in a space where a fan heater is used and SF6 flows through the heat source.  d PFC has a large global warming potential and should not be used in large amounts.  e Ethylene is flammable and should be handled with a great care.  f N2O has a large global warming potential and should not be used in large amounts. N2O is dissolved in water and reacts with aluminium. It ignites at a high temperature. Great care shall be exercised not to use it over its permissible concentration as it affects health. | | | | | | | | |

**2-р хүснэгт -** **Заагч хийн төрөл**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Заагч хийн төрөл** | Гелиa | Нүүрстөрөгчийн давхар исэлb | | Хүхрийн гексафторид c | | Перфтор нүүрстөрөгчd | Этиленe | Азотын дан исэлf |
| **Химийн тэмдэг** | He | CO2b | | SF6c | | CF4(PFC-14)  C2F6(PFC-16) | C2H4 | N2O |
| **Хэмжлийн арга** | GC-TCD | Инфра улаан хий (туяа) шингээлт | GC-ECD | Инфра улаан хий (туяа) шингээлт | GC | GC-ECD | Инфра улаан хий (туяа) шингээлт болон FID, GC | Инфра улаан хий (туяа) шингээлт |
| **Илрүүлэх хамгийн бага хязгаарын жишээ** | 300x10-6 | 1x10-6 | 70x10-6 | 0,001x10-6 | | - | 0,1x10-6 | 0,1x10-6 |
| **Зөвшөөрөх боломжтой концентраци** | - | 5 000x10-6 | | 1 000x10-6 | | - | - | 25x10-6 |
| **Агаартай харьцуулсан харьцангуй нягт [-]** | 0,138 | 1,545 | | 5,302 | | ЖИШЭЭ:  PFC-14:3,06  PFC-16:4,80 | 0,974 | 1,53 |
| **Дэлхийн дулаарлын потенциал хэмжээ (GWP)** | - | 1 | | 23 900 | | ЖИШЭЭ:  PFC-14:6500  PFC-16:9200 | - | 310 |
| 1-р тайлбар: Дээр дурдсан хийгээс гадна азот, дан исэл, этан, метан, изобутен, циклобутаноктофторид, бромметан трифторид, дихлордифтордиметан болон дихлортетрафтордиметан хийг заагч хийгээр хэрэглэх боломжтой.  2-р тайлбар: Хүснэгтэд бичсэн GC тэмдэглэгээ нь Хийн нийтлэг хроматограф (Gas Chromatography), GC-TCD тэмдэглэгээ нь Дулаан дамжуулалтыг илрүүлэгч (Thermal Conductivity Detector) ашигласан хийн хроматограф, GC-ECD тэмдэглэгээ нь Электрон барих илрүүлэгч хэрэглэсэн хроматографийг (Electron Capture Detector) тус тус заана.  3-р тайлбар: Нүүрстөрөгчийн давхар ислийн нэгж жинд хүлэмжийн хийн нэгж жинг харьцуулсан, хүлэмжийн хийн нөлөөний харьцангуй потенциалаар Дэлхийн дулаарлын потенциалыг тодорхойлдог.  4-р тайлбар: Инфра улаан хий (туяа) шингээлтэд дамжуулалтын спектроскоп (transmission spectroscopy (TS)) болон фотоакустик спектроскопын (photoacoustic spectroscopy (PAS)) аль алийг нь багтаасан.  a Гели нь химийн шинж чанарын хувьд тогтвортой элемент.  b Нүүрстөрөгчийн давхар исэл нь усанд уусдаг бөгөөд барилгын материал эсвэл тавилгад шингэдэг учраас нарийвчилсан хэмжил хийхэд тохиромжгүй. Гэхдээ хэмжилд маш өндөр нарийвчлал шаардаагүй үед нүүрстөрөгчийн давхар ислийг байнга хэрэглэдэг. Оршин суугчид эсвэл барилгын доторх аливаа өөр үүсвэрээс нүүрстөрөгчийн давхар исэл ялгарч байгааг тооцож үзэх хэрэгтэй. Хэрэв нүүрстөрөгчийн давхар исэл ялгаруулах хурд тодорхойгүй бол заагч хийгээр ашиглаж болохгүй.  c Хүхрийн гексафторид нь Дэлхийн дулаарлын потенциал ихтэй учраас их хэмжээгээр хэрэглэж болохгүй. Энэ нь идэвхгүй хий бөгөөд 500 °C хүртэл халаахад хортой хий ялгаруулдаг. Тиймээс сэнсээр халаадаг барилгад энэ хийг ашиглаж болохгүй, учир нь дулааны үүсгүүрээр дамжин гадагшилна.  d Перфтор нүүрстөрөгч нь Дэлхийн дулаарлын потенциал ихтэй учраас их хэмжээгээр хэрэглэж болохгүй.  e Этилен нь хялбархан шатдаг хий тул маш болгоомжтой хэрэглэх шаардлагатай.  f Азотын дан исэл нь Дэлхийн дулаарлын потенциал ихтэй тул их хэмжээгээр хэрэглэж болохгүй. Энэ хий усанд уусахаас гадна хөнгөн цагаантай урвалд орно. Өндөр температурт шатдаг энэ хий эрүүл мэндэд нөлөөлдөг учраас зөвшөөрөх боломжтой концентрациас хэтрүүлэн хэрэглэхгүй байхын тулд маш их анхаарах хэрэгтэй. | | | | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **4.6 Хэмжих хэрэгсэл**  **4.6.1 Ерөнхий зүйл**  1-р хүснэгтэд заасан хэмжлийн аргуудын бүлэгт нийцүүлсэн шаардагдах хэмжих хэрэгслийг 3-р хүснэгтэд бичсэн. Заагч хийг хэмжих, хуваарилах, агаарын дээж цуглуулах, хийн концентрацийг хэмжихэд зориулсан шинжлэх хэрэгсэл болон бусад төхөөрөмж гэж хэрэгсэл бүрийг тодорхойлно. | **4.6 Measurement apparatus**  **4.6.1 General**  Measurement instruments required are listed in Table 3 in accordance with the group of measurement methods listed in Table 1. Each apparatus is defined as a means of dosing and distributing the tracer gas, collecting air samples, serving as an analyser to measure gas concentration, and other measurement devices. |

**Table 3 – Group of measurement methods and measurement instruments**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Measurement**  **method** | | | **Measurement instrument** | | | | |
| **Tracer gas generator** | **Tracer gas distributor** | **Tracer gas collector** | **Tracer gas concentration instrument** | **Other equipment** |
| Concentration decay method | **Two-point decay**  **method** | | Cylinder and valve with flow metera | Blower for mixture | Manual suction and bag made of polyvinylidene fluoride | Gas concentration detector or gas concentration analyser | Recorder or computer |
| **Multi-point decay**  **method** | | Cylinder and valve with flow metera | Blower for mixture or pipe for distribution and duct mesh | Polytet- rafluoroethylene (PTFE) tube and gas suction pump | Concentration  analyser | Recorder or computer |
| **Step-down method at exhaust concentration** | | Cylinder and valve with flow metera | Blower for mixturef | Polytet- rafluoroeth- ylene (PTFE) tube and gas suction pump | Concentration  analyser | Recorder and computer |
| **Pulse method** | | Container of known volumec | Not required | Polytet- rafluoroeth- ylene (PTFE) tube and gas suction pump | Gas concentration analyser | Recorder and computer |
| Continuous dose method | **Average of inverse concentration method** | | Precision flow meter system and cylinderb | Blower for mixture | Polytet- rafluoroeth- ylene (PTFE) tube and gas suction pump | Concentration  analyser | Recorder and PC |
| **Average concen- tration method** | a. Active method | Precision flow meter system and cylinderb | Blower for mixture | Polytet- rafluoroeth- ylene (PTFE) tube and gas suction pump | Concentration  analyser | Recorder and computer |
| b. Passive method | Specific generator (doser)d | Not Applicable | Specific  samplerg | Concentration  analyser | Not Applicable |
| **Constant concentration method** | | | Cylinder with feed- back controle | Blower for mixture | Polytet- rafluoroeth- ylene (PTFE) tube and gas suction pump | Concentration  analyser | Process controller |
| a Including a float type flow meter.  b Including valve with accurate orifice flow meter or electronic mass-flow controller. Generally, the cylinder should have a pressure of 1 MPa, capacity of 10 l to 15 l and a weight of between 5 kg and 10 kg.  c Examples are graduated syringe or mass flow meter with timing controller.  d Including aluminum tube of finger size for dosing carbon hydride by evaporating it gradually.  e Doser of compressed tracer gas, having a combination of a flow meter and feedback control system for concentration in the zone.  f Mixing is needed only at the initial stage of the measurement.  g Activated carbon tubes adsorb evaporated carbon hydride. | | | | | | | |

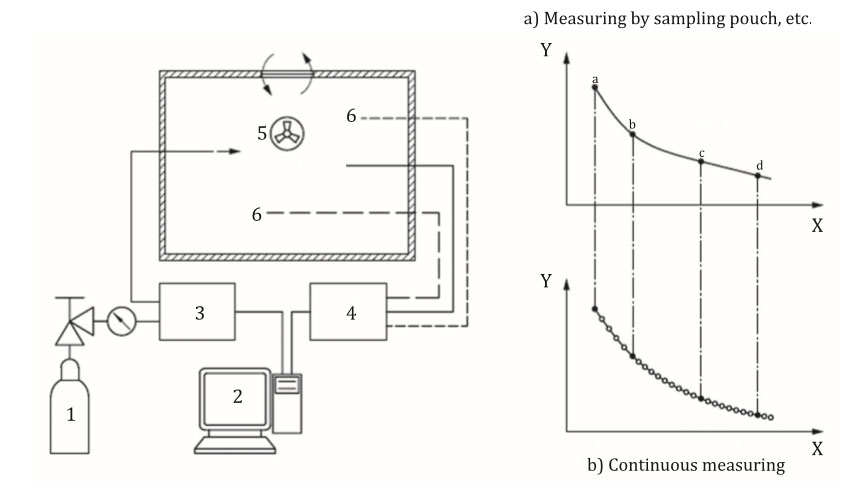
**3-р хүснэгт – Хэмжлийн аргын бүлэг, хэмжих хэрэгсэл**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Хэмжлийн арга** | | | **Хэмжих хэрэгсэл** | | | | |
| **Заагч хийг үүсгэх** | **Заагч хийг хуваарилах** | **Заагч хийг цуглуулах** | **Заагч хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл** | **Бусад төхөөрөмж** |
| **Концентрацийг бууруулах арга** | **Концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах арга** | | Зардал хэмжигч бүхий цилиндр болон хавхлагa | Агаар холих зориулалттай үлээгч | Гар аргаар соруулах хэрэгсэл, поливинилиден-фторид материалаар хийсэн цүнх | Хийн концентраци илрүүлэгч эсвэл хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Бичигч багаж эсвэл компьютер |
| **Концентрацийг олон эгшинд бууруулах арга** | | Зардал хэмжигч бүхий цилиндр болон хавхлагa | Агаар холих зориулалттай үлээгч эсвэл хуваарилах хоолой болон салхивчны тор | Политетрафтор-этилен (PTFE) материалтай хоолой, хий соруулах насос | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Бичигч багаж эсвэл компьютер |
| **Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга** | | Зардал хэмжигч бүхий цилиндр болон хавхлагa | Агаар холих зориулалттай үлээгчf | Политетрафтор-этилен (PTFE) материалтай хоолой, хий соруулах насос | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Бичигч багаж эсвэл компьютер |
| **Нарийвчлалтай хэмжих арга** | | Эзлэхүүнийг нь тодорхойл-сон савc | шаардлагагүй | Политетрафтор-этилен (PTFE) материалтай хоолой, хий соруулах насос | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Бичигч багаж эсвэл компьютер |
| **Тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга** | **Урвуу концентрацийн аргын дундаж** | | Нарийвчлал сайтай зардал хэмжигч систем болон цилиндрb | Агаар холих зориулалт-тай үлээгч | Политетрафтор-этилен (PTFE) материалтай хоолой, хий соруулах насос | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Бичигч багаж эсвэл компьютер |
| **Дундаж концент-рацийн**  **арга** | а. Хэмжил хийх идэвхтэй арга | Нарийвчлал сайтай зардал хэмжигч систем болон цилиндрb | Агаар холих зориулалт-тай үлээгч | Политетрафтор-этилен (PTFE) материалтай хоолой, хий соруулах насос | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Бичигч багаж эсвэл компьютер |
| b. Хэмжил хийх идэвхгүй арга | Тусгай үүсгүүр (заасан хэмжээг автоматаар хэмжигч)d | Хэрэглэх боломжгүй | Дээж авах тусгай төхөөрөмжg | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Хэрэглэх боломжгүй |
|  | **Тогтвортой концентрацийн арга** | | Нарийвчлал сайтай зардал хэмжигч систем болон цилиндр | Шаардлага  гүй | Политетрафтор-этилен (PTFE) материалтай хоолой, хий соруулах насос | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Бичигч багаж эсвэл компьютер |
| **Тогтмол концентрацийн арга** | | | Хариу үйлдэл үзүүлэх цилиндре | Агаар холих зориулалт-тай үлээгч | Политетрафтор-этилен (PTFE) материалтай хоолой, хий соруулах насос | Хийн концентрацийг шинжлэх хэрэгсэл | Үйл явцыг хянагч |
| a Хөвдөг төрлийн зардал хэмжигчийг багтаасан.  b Нарийвчлалтай зардал хэмжигчтэй хавхлаг эсвэл нийт зардлын электрон хянагчийг багтаасан. Цилиндр нь ерөнхийдөө 1 МПа даралттай, 10 - 15 л багтаамжтай, 5-10 кг жинтэй байх хэрэгтэй.  c Хэмжээтэй тариур эсвэл хугацаа хянагчтай зардал хэмжигчийг жишээ болгосон.  d Нүүрстөрөгч болон устөрөгчийн нэгдлийг аажмаар ууршуулах замаар хэмжихэд зориулсан хуруу орчим урттай хөнгөн цагаан хоолойг багтаасан.  e Нягтруулсан, заагч хийн тогтоосон хэмжээг автоматаар хэмжигч (зардал хэмжигч болон тусдаа бүс дэх концентрацийн хариу үйлдлийг хянах системийг нэгтгэсэн).  f Хэмжлийн зөвхөн эхний үе шатанд агаар холихыг шаардана.  g Нүүрстөрөгч болон устөрөгчийн ууршуулсан нэгдлийг идэвхжүүлсэн нүүрстэй хоолойд шингээдэг. | | | | | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **4.6.2** **Заагч хийг тунлах хэрэгсэл**  **4.6.2.1 Ерөнхий зүйл**  Хэмжлийн аргуудыг бүлэглэх талаар 3-р хүснэгтэд заасан ч тохиромжтой эзлэхүүнийг туршилтын арга бүрд нийцүүлэн сонгох хэрэгтэй. Түүнчлэн заагч хийг 2-р хүснэгтэд заасны дагуу хэрэглэвэл зохино. Хийн нийт зардлыг тооцохын тулд хийн зардлыг хэмжихдээ агаарын температурыг нэг зэрэг хэмжинэ. Нүүрстөрөгчийн давхар исэл их хэмжээгээр ялгарах тохиолдолд хавхлаг хөрөх, хөлдөхөөс сэргийлэхийн тулд халаагч бэхэлсэн хавхлаг бэлтгэх шаардлагатай.  Агаарыг нэгэн жигд холихын тулд дараах арга хэмжээг авах хэрэгтэй.  **4.6.2.2 Агаар холиход зориулсан сэнс**  Туршилтын бүс доторх агаарыг жигд холихын тулд сэнс шаардагдана. Гэхдээ солилцуулах агаарын зарцуулалт, агаарын хувийн зардалд нөлөөлөх температурын давхарга тухайн бүсэд байгаа үед сэнс хэрэггүй байдаг.  **4.6.2.3 Заагч хийг нэг зэрэг ялгаруулах**  Олон яндан бэлтгэсэн үед салаалсан дамжуулах хоолойгоор агаар хуваарилах эсвэл ялгаруулахын тулд дамжуулах хоолой болон сувгийн систем зэрэг зүйл шаардлагатай.  **4.6.3 Заагч хийн дээж авах хэрэгсэл**  **4.6.3.1 Дээж авах хэрэгслийн материал**  Заагч хийн дээж авах системд (ихэнхдээ хоолой болон гуурс) хэрэглэдэг материал нь ашиглаж буй заагч хийг шингээхгүй, урвалд орохгүй, сарниулахгүй байх хэрэгтэй. Шил, зэс болон зэвэрдэггүй ганг давуу талтай гэж үздэг. Уян хатан савны хувьд металл фольга цаас тохиромжтой. Зөвшөөрөх боломжтой бусад материал нь полипропилен, полиэтилен болон полиамид болно. Түүнчлэн политетрафторэтилен (PTFE) хоолой гэж нэрлэдэг, фтор түрхсэн хоолойг ихэвчлэн хэрэглэдэг. Заагч хийгээс хамаарч, хэрэглэхээс зайлсхийх хэрэгтэй материалд зөөлөн хуванцрыг оруулна. Нэг төрлийн заагч хийг шахахад нэг удаа хэрэглэсэн хоолойг (ялангуяа хуванцар) агаарын дээж авахад огт хэрэглэж болохгүй.  **4.6.3.2 Зөөвөрлөх боломжтой, дээж авах хэрэгсэл**  Хийг шинжлэх хэрэгсэлд агаарын концентрацийн хамгийн бага дээжийн хэмжээнээс багадаа гурав дахин их эзлэхүүнтэй, хий нэвтрэхгүй тариур, уян хатан сав болон дээж авах сав баглаа байна. Дээжээр авсан агаарыг шингэрүүлэхгүй эсвэл бохирдуулахгүй байхын тулд зөөвөрлөх боломжтой дээж авах хэрэгсэл нь агаар нэвтрүүлэхгүй байх шаардлагатай.  **4.6.3.3 Тухайн газарт шинжилгээ хийх зориулалттай дээж авах сүлжээ**  Хоолойн сүлжээ нь хийг шинжлэх хэрэгсэл рүү чиглүүлэн салаалсан олон хоолойг цуглуулагч, өөрчлөх таслуур болон хийг шинжлэх хэрэгсэл рүү харуулан тавьсан насосыг багтаана. Гэхдээ дээж болгох агаарыг хугацааны тодорхойлсон интервалд соруулж, хийг шинжлэх хэрэгсэлд шууд холбохоор нэгтгэн, программчилсан байдаг.  **4.6.4 Хийг шинжлэх хэрэгсэл**  Хийг шинжлэх хэрэгсэл нь заагч хий болон тооцоолсон концентрацид тохирсон байвал зохино. Түүнчлэн зөвшөөрөх боломжтой хэмжлийн хамгийн их алдааны (JCGM 200:2012 үзнэ үү) ±5 %-ийн хязгаарт тааруулж, энэ хэрэгслийг ажиллуулах хэрэгтэй. Хэрэв хэрэгслийн шилжилтэд эргэлзэж байвал туршилтыг эхлэх, дуусгахад тухайн хэрэгслийг тохируулах шаардлагатай. Хийг шинжлэх хэрэгслийн давуу тал нь CO2, TVOC (Нийт дэгдэмхий органик нэгдэл – НДОН), CO, формальдегид зэрэг бохирдуулагч бодисыг барилга байгууламж дотор бодит хугацаанд тасралтгүй хэмжих боломж олгодог.  **5 Горим**  **5.1 Барилгад бэлтгэл ажил хийх**  Энэ баримт бичигт тайлбарласан хэмжлийн арга нь тусдаа бүсийн агаар сэлгэлтийг хэмжихэд хамаарна. Тусдаа бүсийн олон өрөөнд агаарын нэгэн жигд концентрацийг шаардсан тохиолдолд барилга доторх бүх өрөөний хаалгыг нээж болох бөгөөд өрөөнүүдийн агаарыг нэгэн жигд концентрацитай болгохын тулд агаар холиход тохиромжтой төхөөрөмж хэрэглэж болно.  Барилгын доторх нэг өрөөнд хэмжил хийх бол зэргэлдээ өрөөнөөс агаар нэвчүүлэхгүйн тулд барилгын доторх хаалга болон хажуугийн өрөөнд орох хаалгыг зориуд битүүмжилсэн байх үед ч ихэнх тохиолдолд таазанд байдаг агаар нэвчих талбайгаар дамжин, хажуу өрөө рүү агаар дамжих боломжтой. Тиймээс зөвхөн төлөвлөсөн өрөөнд агаарын урсгалыг хязгаарлах нь хэцүү байдаг .  **5.2 Нэмэлт хэмжил хийх**  Агаар сэлгэлтийг хэмжих бүс мөн энэ бүстэй зай завсар, ан цав, суваг болон нүхээр холбогдсон зэргэлдээх өрөөнүүдийн агаарын температурыг хэмжиж, тэмдэглэнэ. Гадна орчны агаарын температур, салхины хурд болон чиглэлийн өгөгдлийг хамгийн ойрхон байрлах цаг агаарын ажиглалтын станц эсвэл цаг агаарын зөөврийн станцын тусламжтай цуглуулна. Барилгын агааржуулалтын системийн ажиллах нөхцөл болон хашлага бүтээцийн зай завсрын хэмжээсийг хэмжинэ. Хэмжлийн аргад Vихб эзлэхүүнийг шаардсан бол бүсийн хэмжээсүүдийг хэмжих хэрэгтэй.  **5.3 Концентрацийг бууруулах арга**  **5.3.1 Хоёр эгшин болон олон эгшний аргуудын тооцоо**  Хоёр эгшин болон олон эгшний аргуудын тооцоог хэрхэн хийх талаар 5.3.1.1 болон 5.3.1.2-р зүйлд тайлбарласан.  **5.3.1.1 Концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах арга**  Өрөөний агаарын концентрацийг хоёр эгшинд хэмжих үед үндсэн хугацаанд агаарын хувийн дундаж зардлыг (19)-р томьёогоор олох бөгөөд 1/ц нэгжээр илэрхийлнэ.  (19)  үүнд:  – дундаж хугацааны агаарын хувийн зардал, 1/ц эсвэл 1/с;  C(t1) – “t1” эгшинд хэмжсэн, өрөөний агаарын концентраци, м3/ м3;  C(t2) – “t2” эгшинд хэмжсэн, өрөөний агаарын концентраци, м3/ м3;  t1 – хэмжлийг эхлэх эгшин, ц;  t2 – хэмжлийг дуусгах эгшин, ц нэгжтэй байна.  **5.3.1.2 3 Концентрацийг олон эгшинд бууруулах арга**  Хийн концентрацийг бууруулах явцыг хэдэн минутаас ойролцоогоор нэг цаг хүртэл интервалд хэд хэдэн удаа хэмжих боломжтой үед концентрацийг олон эгшинд бууруулах аргыг хэрэглэж болно. Гурваас цөөнгүй эгшинд хийн концентрацийг хэмжиж, агаарын хувийн зардлын (N) таамагласан утгыг (20)-р томьёогоор олохдоо хамгийн бага квадратын аргыг хэрэглэнэ. (20)-р томьёог бичвэл:  (20)  үүнд:  N – агаарын хувийн зардлыг тооцоолсон утга;  tj – концентрацийг бууруулж эхлэх явцын t1 = 0 эгшнээс j дахин нэмэгдүүлэн хуримтлуулж, хэмжил хийсэн j дүгээр хугацаа;  C(tj) – (tj) эгшинд хэмжсэн хийн концентраци;  np – хэмжлийн хугацаанд хэмжсэн эгшний нийт тоо (np ≥3 байна) болно.  Хэмжил хийсэн хугацаанд олон эгшнийг хэмжих боломжтой Т үе, хэмжлийн хугацаанд хэмжсэн эгшнүүдийн нийт np тоог ашиглан, агаарын хувийн зардалд тооцооны алдаа үүсгэдэг хэмжлийн алдааг багасгах боломжтой. Хэрэв E хавсралтад үзүүлсэн муруйгаас агаарын хувийн зардлыг тооцоолсон N утгын алдааг багасгасан, хугацааны оновчтой Tm үеийг N утгаар үржүүлвэл хэмжлийн алдааг багасгаж болно.  **5.3.2** **Хоёр эгшин болон олон эгшний аргуудын горим**  Хэмжлийн тусдаа бүсэд хийн эхний концентраци өндөр байх үеийн дараа нь хийн концентрацийг бууруулах явцыг арга тус бүрд дараах алхмын дагуу хэмждэг.  a) Заагч хийг хэмжсэн эсвэл шахсан болон хуваарилсны дараа агаартай хольж, агаарын эхний нөхцөлд авсан дээж бүхий орон зайд хийн концентрацийн нэгэн жигд байдлыг шалгана.  b) Концентрацийг бууруулсан дээжээс эхний дээжийн өгөгдөл авна.  c) Концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах аргад зориулсан явцын талаар хоёр дахь дээжийн өгөгдөл авна. Концентрацийг олон эгшинд бууруулах аргад хамгийн багадаа нэмэлт нэг дээжийг шаардана.  d) Тусдаа бүсэд хийн концентрацийн нэгэн жигд байдлыг шалгахын тулд концентрацийг бууруулах явцын сүүлийн дээжийг авна.  Туршилтын энэ аргыг 1-р зурагт тоймлон харуулсан. Хийг шинжлэх хэрэгслээр хэмжих боломжтой дээд хязгаарт ойролцоо, хийн эхний концентрацийг a) алхамд бий болгохын тулд шаардагдаж буй хангалттай хэмжээний заагч хийг тусдаа бүсэд шахна. Дараа нь заагч хий тусдаа бүсэд агаартай холилдоно. Эхний концентрацийн нэгэн жигд байдлыг баталгаажуулахын тулд төвөөс хол орших хоёр цэгт (нийтдээ гурав) агаараас дээж авч, тусдаа бүсийн төвөөс нэмэлтээр дээж аваад, дээж авсан хугацааг тэмдэглэнэ. Дараа нь бүсийн төвөөс хоёр удаа дээж авч, дээж авсан хугацааг тэмдэглэдэг.  Хэмжлийн системээс ялгаруулсан агаар дахин эргэлтэд орохоос сэргийлэхийн тулд агаарыг гадагшлуулах хэрэгтэй. | **4.6.2 Tracer gas dosing device**  **4.6.2.1 General**  Table 3 outlines the combinations, but a suitable volume should be chosen in accordance with each test method in Table 1 and the tracer gas used in Table 2. When the gas flow rate is measured, the temperature is simultaneously measured for the gas mass flow rate estimation. A valve with a heater attached should be prepared to prevent cooling and freezing at the valve in case a large volume of carbon dioxide, etc. is emitted.  The following measures are needed for promoting a uniform mixing.  **4.6.2.2 Fan for mixing**  Fans for properly mixing inside a testing zone are needed. However, this is not desirable when temperature layers exist in the zone that would affect the ventilation rate and specific airflow rate.  **4.6.2.3 Synchronous emission of tracer gas**  Piping and duct system, etc. for distribution or emission by branched piping when multiple outlets are prepared.  **4.6.3 Tracer gas sampling apparatus**  **4.6.3.1 Materials for sampling apparatus**  Materials used for the tracer gas sampling system, which are mainly piping and tubes, shall be non- absorbent, non-reactive, and non-diffusive to the tracer gas in use. Glass, copper, and stainless steel, etc. are preferable. Metal foil is suitable for flexible containers. Other permissible materials are polypropylene, polyethylene, and polyamide. Fluorine-coated tubing, so-called Polytetrafluoroethylene (PTFE) tubing, is often used. Depending on the tracer gas, materials to avoid include soft plastics. Tubes (especially plastic tubes) used once for injecting the pure tracer should never be used for air sampling.  **4.6.3.2 Portable sampler**  This includes gas tight syringes, flexible bottles, and sample packs having the capacity of at least three times the minimum air concentration sample in the gas analyser. The portable sampler shall have been made airtight so that the sample air is not diluted or does not become contaminated.  **4.6.3.3 Sampling network for on-site analysis**  The tube network comprises manifold for directing multiple sample pipes to the gas analyser, a changeover switch, and a pump that leads to the analyser, but normally it is integrated and programmed so that the sample air is suctioned at determined time intervals, and directly connected to the gas analyser.  **4.6.4 Gas analyser**  The gas analyser shall be suitable for the tracer gas and supposed concentrations. The analyser shall also be calibrated and kept within the maximum permissible measurement error (see JCGM 200:2012) of ±5 %. If there is a concern about analyser drift, the analyser should be calibrated at the beginning and end of the test. The advantage of a gas analyser is the possibility of measuring continuous real time indoor contaminants, e.g. CO2, TVOC, CO, Formaldehyde.  **5 Procedure**  **5.1 Building preparations**  The measurement method in this document deals with the single zone ventilation measurement. In case the zone needs uniform concentration with multiple rooms, all internal doors in the rooms may be open and an appropriate mixing device may be used, in order to achieve the uniform concentration in the rooms.  If measuring were to be performed on a single room within the building, even if internal doors and doors leading to an adjacent room were intentionally sealed so that there may be no leakage from an adjacent room, in many instances air would pass into an adjacent room via leakage areas in the ceiling so it may be difficult to limit it to just the target room.  **5.2 Ancillary measurements**  In addition to the zone subject to ventilation measurement, the air temperature of adjacent rooms connected by openings, cracks, ducts and pits is measured and recorded. Data on external air temperature, wind speed, and wind direction are collected using the nearest meteorological observation station or portable weather observation apparatus. The building ventilation system operating condition and the size of envelope openings are measured. If the measurement method requires the volume of Vemz, the dimensions of the zone shall be measured.  **5.3 Concentration decay method**  **5.3.1 Calculation of two-point and multi-point methods**  In 5.3.1.1 and 5.3.1.2, the calculation of the two-point and multi-point methods are described.  **5.3.1.1 Two-point decay method**  With the measurement of room concentration at two points, the average specific airflow rate on a time basis is given from Formula (19), expressed in 1/h:  (19)  where  is the mean time specific airflow rate, in 1/h or 1/s;  C(t1) is the room concentration at “t1”, in m3/m3;  C(t2) is the room concentration at “t2”, in m3/m3;  t1 is the start point of measurement, in h;  t2 is the end point of measurement, in h.  **5.3.1.2 Multi-point concentration decay method**  The multiple-point concentration decay method can be used when the gas concentration decay process can be measured multiple times at intervals ranging from several minutes to around 1 h. The least square method is applied to the gas concentration when at least three points are measured, and the predicted value for the specific airflow rate (N) is calculated using Formula (20):  (20)  where  N is the estimated specific airflow rate;  tj is the j-th elapsed time of accumulated increments of j times from the decay process starting t1 = 0;  C(tj) is the measured gas concentration at time (tj);  np is the total number of measured elapsed time points (np is ≥3).  By using period T, where multiple measured elapsed points can be obtained, and np, the total number of measured elapsed time points, the measurement errors that cause an estimated error in the specific airflow rate N can be minimized. This can be realized if we take the product NTm from the curve shown in Annex E, where Tm is an optimum period realizing minimized error of N.  **5.3.2 Procedure of two-point and multi-point methods**  In each method, the decaying process of gas concentration is measured after the initial concentration is high in the zone being measured, with the following steps.  a) Mix the tracer gas after it is dosed or released and distributed and check the uniformity of concentration in the space with obtained samples of initial condition.  b) Obtain first sample data of decaying samples.  c) Obtain second sample data of the decaying process for two-point method. At least one additional sample is required for multi-point method.  d) Obtain the last sample of the decaying process to check the uniformity of concentration in the zone.  This test method is outlined in Figure 1. To make the initial concentration at step a) that is close to the upper measurable limit of the gas concentration analyser, a sufficient and necessary amount of tracer gas is supplied into the zone. The tracer gas within the zone is then mixed. To confirm uniformity of the initial concentration, samples of air are taken from at least two points (three in total) away from the centre, in addition to the centre of the zone, and the sampling time is recorded. Air from the centre is then sampled two times and the sampling times are recorded.  The exhaust air from the measuring system shall be placed to outside in order to avoid recirculation. |

(20)

**Figure 1 – Overview of tracer gas decay method**



**Key**

1 tracer gas X elapsed time

2 data gathering, gas dose or air collection control Y concentration

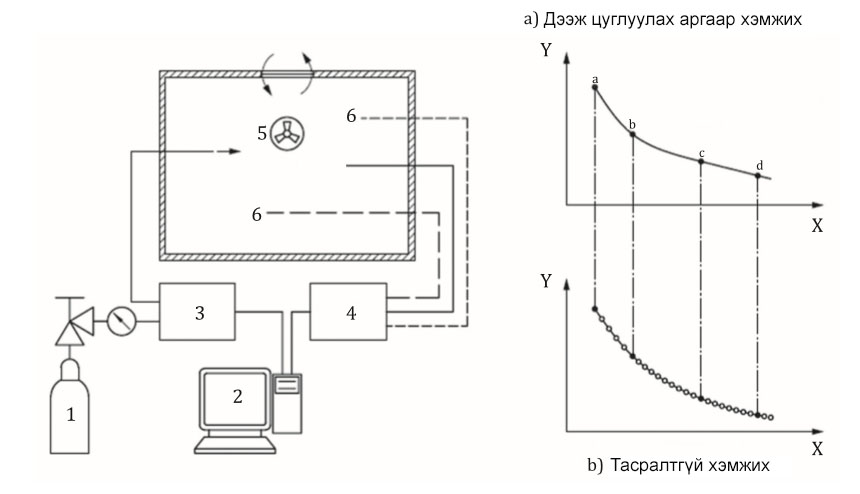
3 gas dose apparatus a Step 1.

4 gas concentration measuring instrument b Step 2.

5 mixing fan c Step 3.

6 checking of spatial distribution d Step 4.

**1-р зураг – Заагч хийг бууруулах аргын ерөнхий тойм**

****

**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий, X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа,

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл

агаар хуримтлуулахыг хянах, Y – хийн концентраци,

3 – хийг тунлах хэрэгсэл, a – 1-р алхам,

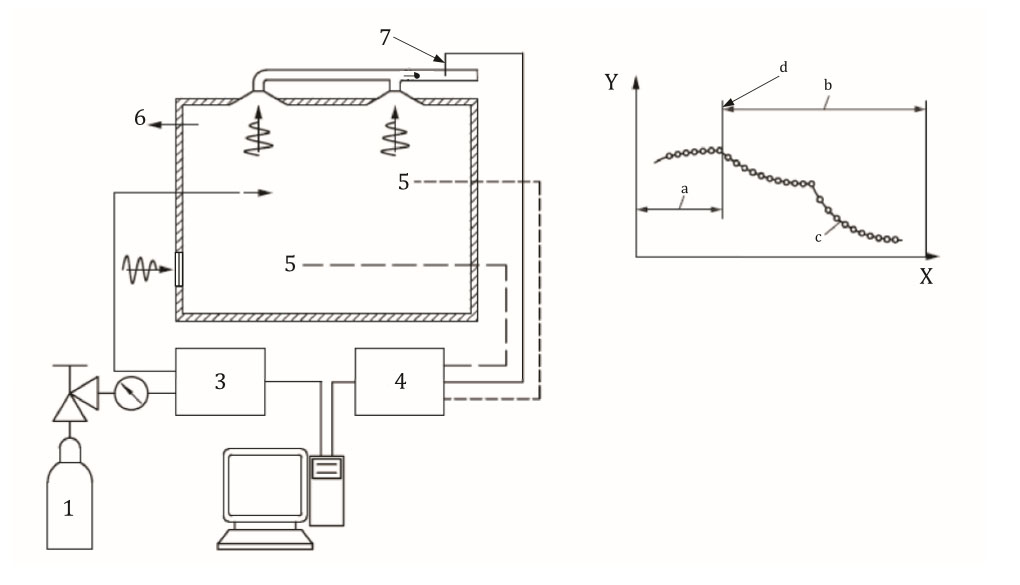
4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл, b – 2-р алхам,

5 – агаар холих сэнс, c – 3-р алхам,

6 – орон зайд агаар хуваарилахыг шалгах, d – 4-р алхам.

|  |  |
| --- | --- |
| **5.3.3 Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга болон нарийвчлалтай хэмжих аргын тооцоо**  **5.3.3.1 Ерөнхий зүйл**  Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга болон нарийвчлалтай хэмжих аргын тооцоог 5.3.3.2 болон 5.3.3.3-р зүйлд тайлбарласан.  **5.3.3.2** **Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга**  Хэмжлийг эхлэх эгшинд нэгэн жигд хуваарилсан агаарын концентраци болон яндангийн агаар сэлгэлтийн концентрацийн өгөгдлөөс агаарын хувийн зардлыг (21)-р томьёогоор тооцоолдог.  (21)  (22)  (23)  үүнд:  N – агаарын хувийн зардал, 1/ц;  CE(t) – t хугацаанд хэмжсэн сорох агаарын дундаж концентраци, м3/ м3;  C(t1) – хэмжил эхлэх эгшинд нэгэн жигд хуваарилсан агаарын концентраци, м3/ м3;  t1 – хэмжлийг эхэлсэн хугацаа, ц;  t2 – хэмжлийг дуусгасан хугацаа, ц;  a – t2 хугацааны дараа концентрацийг бууруулахад хамаарах, тооцоолсон утга, 1/ц нэгжтэй.  (21)-р томьёоны зөв хуваагчийг тооцоолохын тулд хэмжлүүдийн хугацаа хоорондын эгшнүүдийн концентрацийн өөрчлөлтийг шугаман дунджийн ойролцоо утгаар авна. Яндангийн агаар сэлгэлтийн концентрацийг хангалттай бууруулах хүртэл хэмжил хийхэд үнэн хэрэгтээ хэцүү байдаг. Тиймээс (21)-р томьёог (22)-р томьёогоор ойролцоогоор тэнцүүлэн тооцож болно. Концентрацийг бууруулахад хамаарах, тооцоолсон a коэффициентыг (23)-р томьёогоор тооцохдоо хугацааны тэнхлэгийн дагуу тогтмол шугаман хамаарлаар бууруулж, хэмжсэн өгөгдөлд тохируулан, нэг тэнхлэг нь логарифмын хуваарьтай, нөгөө тэнхлэг нь шугаман хуваарьтай муруйн интерполяцийг хэрэглэнэ.  **5.3.3.3 Нарийвчлалтай хэмжих арга**  Өрөөнд эхлээд хэмжсэн заагч хийн эзлэхүүн болон яндангийн агаар сэлгэлтийн концентрацийн өгөгдлийг үндэслэн, солилцуулах агаарын зарцуулалтыг (24)-р томьёогоор тооцоолдог.  (24)  үүнд:  t – хугацаа, ц;  t1 – хэмжлийг эхэлсэн эгшин, ц;  Qv – солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;  Vхий (t1) – хэмжлийг эхлэхэд өрөөнд шахсан заагч хийн эзлэхүүн, м3/ц;  CE(t) – яндангийн агаар сэлгэлтийн концентраци, м3/ м3 нэгжтэй.  (24)-р томьёоны хуваагчийг тооцоолохын тулд хэмжлүүдийн хугацаа хоорондын эгшнүүдийн концентрацийн өөрчлөлтийг шугаман дунджийн ойролцоогоор авна. Яндангийн агаар сэлгэлтийн концентрацийг хангалттай бууруулах хүртэл хэмжил хийхэд хэцүү үед t2 хугацааны дараах агаарын концентрацийн өөрчлөлтийг сорох агаарын концентрацийг бууруулах аргын дагуу (22)-р томьёогоор ойролцоо утгаар тооцоолсон бол (24)-р томьёоны хуваагчийг (23)-р томьёоноос тооцоолох боломжтой.  **5.3.4 Сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга болон нарийвчлалтай хэмжих аргын горим**  Концентрацийг бууруулах аргын хувьд агаарын эхний концентрацийг хүчтэй нэмэгдүүлсний дараа концентраци нь бараг атмосферийн концентрацитай адил болох хүртэл урт хугацаанд концентраци бууруулах явцыг тасралтгүй хэмжинэ. Нарийвчлалтай хэмжих аргын хувьд тусдаа бүс рүү хийг шахахын өмнөх шилжилтийн хоромд шахаж буй хийг нарийвчлалтай хэмжиж эхлэх бөгөөд хийг тунлах замаар концентрацийг нэмэгдүүлж, агаарын концентраци нь бараг атмосферийн концентрацитай адил болсон гэж үзэх хүртэл урт хугацаанд концентраци бууруулах явцын үед гадагшилсан хийн хэмжээг тасралтгүй хэмжинэ. Агаарын концентрацийн өөрчлөлтийг хугацааны хувьд тасралтгүй хэмжихийг арга тус бүрд шаардана. Хийн тодорхой концентрацийг хэмжих боломжтой тохиолдолд хэмжлийн хугацааны интервал хангалттай байх хэрэгтэй бөгөөд жишээ нь, 1 мин байдаг.  Энэ хоёр аргын аль алийг хэрэглэх нь механик соролтын тоног төхөөрөмжтэй бүсэд хязгаарлагдах учраас агаар сэлгэлтийг хэмжихийн тулд сорох агаарын концентрацийг урт хугацаанд тасралтгүй хэмжих хэрэгтэй. Хэмжлийн аргуудыг 2 болон 3-р зурагт харуулсан. Түүнчлэн солилцуулах агаарын зарцуулалт нь хугацааны урт үеийн туршид өөрчлөгдөхгүй байх нөхцөлийг бүрдүүлэх хэрэгтэй. Агаар сорох хэд хэдэн яндантай бол агаарын хувийн зардалд жинлэсэн сорох агаарын дундаж концентрацийг тооцоолсон байвал зохино. Яндан тус бүрийн агаарын зардал тодорхойгүй учраас агаарын хувийн зардалд жинлэсэн сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжих боломжтой болгохын тулд заримдаа агаарыг хольсны дараа олон яндан нэг сувагт нийлэх цэгт концентрацийг хэмжиж болно.  Хэмжлийн эдгээр аргын эхний үе шатанд өрөөний агаарын концентрацийг нэгэн жигд байлгах шаардлагатай. Өрөөний агаарын концентрацийг нэгэн жигд болгохгүйгээр сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжих боломжтой нөхцөлийн жишээ нь сорох сэнс хэрэглэж, механик агаар сэлгэлт үүсгэвэл өрөөний дотоод даралт нь гадна орчны даралттай харьцуулахад сөрөг утгатай болно. Тиймээс агаар нэвчихийг тооцохгүй байх эсвэл механикаар соруулах агаарын эзлэхүүнийг өмнө нь тодорхойлсон тохиолдлуудад (агаар нэвчих хурдаас нэлээд их хурдтай байх шаардлагатай) агаар нэвчих нөлөөг тооцохгүй байх боломжтой.  Гэхдээ агаарыг зориуд холиогүй үед анхаарал хандуулах хэрэгтэй. Жишээ нь, бүсийн дээд хэсэгт яндан байдаг бөгөөд бүсийн доод хэсэг рүү гадна орчны агаарыг оруулахад агаар сэлгэх урсгалтай ойролцоо нөлөө үзүүлнэ. Сорох агаарын концентрацийн бууралт эхлээд удаан байх ч дараа нь тусдаа бүсэд байгаа хийг гадна орчноос цэнгэг агаараар сэлгэх үед концентрацийн бууралт хурдасна. Тиймээс хэмжлийн эхлэлийн үр дүнтэй үеэс дараагийн үе хүртэл хийн концентрацийг хангалттай урт хугацаанд хэмжихгүйгээр бууралтыг тооцоолох нь том алдаа гаргахад хүргэж болно. | **5.3.3 Calculation of step-down exhaust concentration method and pulse method**  **5.3.3.1 General**  In 5.3.3.2 and 5.3.3.3, the calculation of the step-down exhaust concentration method and the pulse method is described.  **5.3.3.2 Step-down exhaust concentration method**  The specific airflow rate is calculated from Formula (21) from the uniform distributed concentration of point at start of measuring and the exhaust ventilation concentration data.  (21)  (22)  (23)  where  N is the specific airflow rate, in 1/h;  CE(t) is the exhaust concentration at t, in m3/m3;  C(t1) is the uniform distributed concentration at start point, in m3/m3;  t1 is the start time of measuring, in h;  t2 is the end time of measurement, in h;  a is the estimated value related concentration decaying after t2, in 1/h.  To calculate the right denominator in Formula (21), the changes in concentration among the measurement time points is approximated by linear fit. Practically, it is difficult to conduct measuring until the exhaust ventilation concentration has sufficiently lowered. Therefore, Formula (21) may be approximated by Formula (22). The estimated coefficient a of concentration decay is calculated by Formula (23) using the interpolation of semi-log curve fitting with the measured data that decays stably and linearly along time axis.  **5.3.3.3 Pulse method**  The ventilation rate is calculated from Formula (24) from the tracer gas volume dosed initially to the room and the exhaust ventilation concentration data:  (24)  where  t is the time, in h;  t1 is the point at start of measuring, in h;  Qv is the ventilation rate, in m3/h;  Vgas(t1) is the tracer gas volume supplied to room at start of measuring, in m3/h;  CE(t) is the exhaust ventilation concentration, in m3/m3.  To calculate the denominator in Formula (24), the changes in concentration among the measured points are approximated using linear fit. When it is difficult to conduct measuring until the exhaust ventilation concentration has sufficiently lowered and the changes in concentration after time t2 are regarded to be approximated in Formula (22) as per the step-down method at exhaust concentration method, then the denominator in Formula (24) may be calculated from Formula (23).  **5.3.4 Procedure of the step-down exhaust concentration method and pulse method**  For the step-down discharge method, after the initial concentration is increased high, measure the decaying process of concentration continuously for a long time until the concentration becomes almost the same as the atmosphere. For the pulse method, just before the gas is dosed into the zone in a transient time, start measuring the accurate amount of injected gas, increased concentration by dosing, and discharged amount of the gas over the decaying process continuously for a long time until the concentration is deemed to be the same as atmosphere. Each method requires continuous time integration of the change in concentration. In the event that discrete gas concentration can only be measured, the time interval of the measurement shall be good enough, e.g. 1 min.  Both of these are restricted in application to zones with mechanical exhaust equipment, so for measuring ventilation, the exhaust concentration needs to be measured continuously over a long period. Figure 2 and Figure 3 outline the measuring methods. Conditions in which the ventilation rate does not change over a long period of time are also needed. If there are multiple exhaust outlets, the airflow weighted mean exhaust concentration for these shall be calculated. Airflow at each outlet is unknown, so to enable measurement of this airflow weighted mean exhaust concentration, it is sometimes possible to measure the concentration after a mixing point where these multiple exhaust outlets have merged into one exhaust duct.  These measurement methods require uniformity of room concentration at the initial stage. Here, instances in which the mean exhaust concentration is measurable without making the room concentration uniform are those in which mechanical ventilation is performed using an exhaust fan and the internal room pressure becomes negative in relation to the outside pressure. Thus, leakages may be ignored or instances in which the mechanical exhaust volume is known beforehand are to be considerably greater than the exfiltration rate, and the effect of the leakage may be ignored.  However, caution should be exercised if artificial mixing is not performed. For example, if the exhaust outlet is in the upper part of the zone and the external air supply is in the lower part, causing a near displacement flow effect, the decay of the exhaust concentration may initially be slow and then become rapid from when the gas in the zone is replaced by fresh outdoor air. Therefore, major errors can occur if the decay from the initial effective period to thereafter is estimated without measuring the gas concentration over a sufficiently long period. |

**Figure 2 — Overview of step-down exhaust concentration method**



**Key**

1 tracer gas

2 data gathering, gas dose/air collection control

3 gas dose apparatus

4 gas concentration measuring instrument

5 check of uniformity of initial gas concentration distribution

6 other exhaust shall not exist

7 airflow weighted mean discharge concentration shall be measured

X elapsed time in the case of displacement ventilation

Y concentration

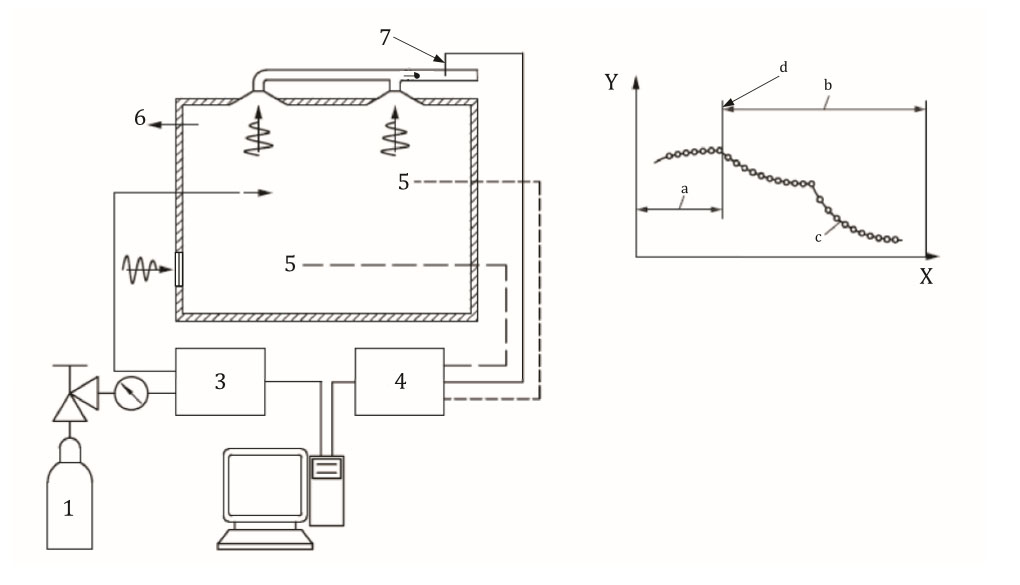
a Gas dosing period.

b A long time is needed until the concentration has sufficiently attenuated.

c In the case of displacement ventilation, the decay curve may suddenly change.

d Conformation of uniformity of room concentration distribution.

**2-р зураг – Сорох агаарын концентрацийг бууруулах аргын ерөнхий тойм**

****

**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий,

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл агаар хуримтлуулахыг хянах төхөөрөмж,

3 – хийг тунлах хэрэгсэл,

4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл,

5 – хийн эхний концентрацийн хуваарилалтын нэгэн жигд байдлыг шалгах,

6 – ялгарах өөр хий байж болохгүй,

7 – агаарын хувийн зардалд жинлэсэн сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжсэн байх хэрэгтэй,

X – агаар сэлгэлтийг өөрчилсөн тохиолдлын хэмжилд зарцуулсан хугацаа,

Y – хийн концентраци,

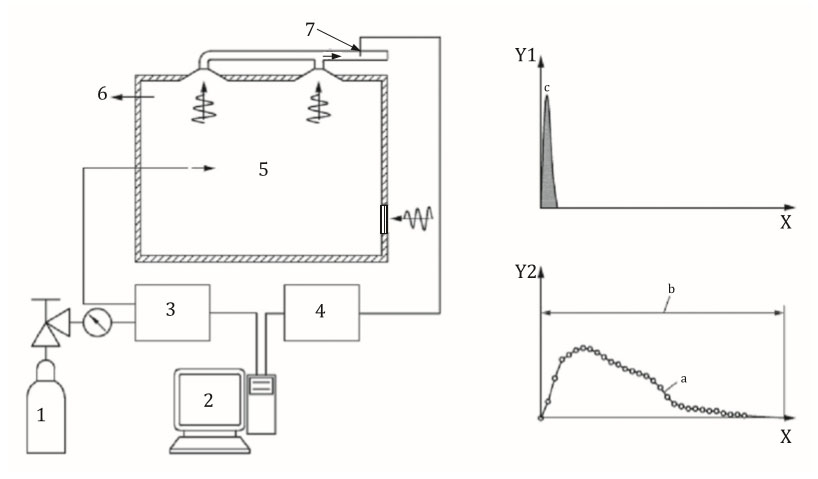
a – хийн хэмжээг тунлах үе,

b – хийн концентрацийг хангалттай бууруулах хүртэл шаардагдах урт хугацаа,

c – агаар сэлгэлтийг өөрчилсөн тохиолдолд бууралтын муруй гэнэт өөрчлөгдөж болно,

d – өрөөнд агаарын концентрацийн хуваарилалтын нэгэн жигд байдлыг тохируулна.

**Figure 3 — Overview of pulse method**



**Key**

1 tracer gas

2 data gathering, gas dose or air collection control

3 gas dose apparatus

4 gas concentration measuring instrument

5 can be applied only for mechanical exhaust

6 other exhaust shall not exist

7 airflow weighted mean exhaust concentration shall be measured

X elapsed time

Y1 gas supply

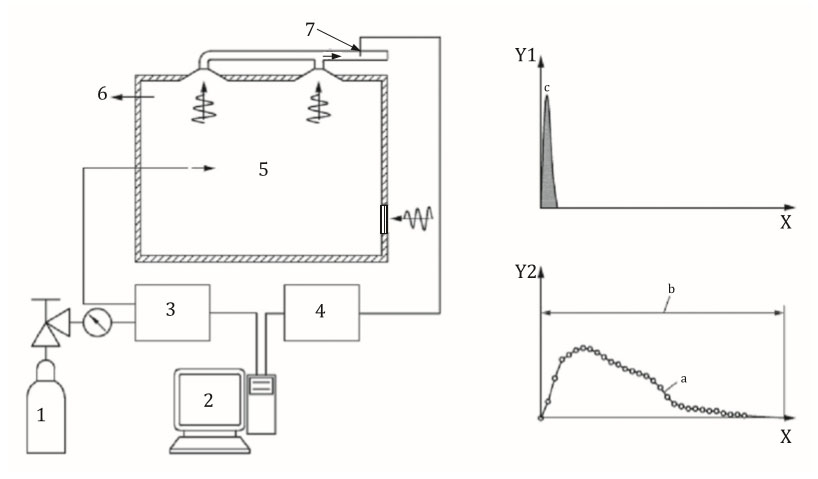
Y2 concentration

a In the displacement ventilation, the concentration decay may rapidly change.

b A long time is needed.

c Known quantity of gas is instantaneously released.

**3-р зураг – Нарийвчлалтай хэмжих аргын ерөнхий тойм**



**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий,

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл агаар хуримтлуулахыг хянах төхөөрөмж,

3 – хийг тунлах хэрэгсэл,

4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл,

5 – агаарыг зөвхөн механикаар соруулах үед хэрэглэх боломжтой,

6 – ялгарах өөр хий байж болохгүй,

7 – агаарын хувийн зардалд жинлэсэн сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжсэн байх хэрэгтэй,

X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа,

Y1 – хийг шахах,

Y2 – хийн концентраци,

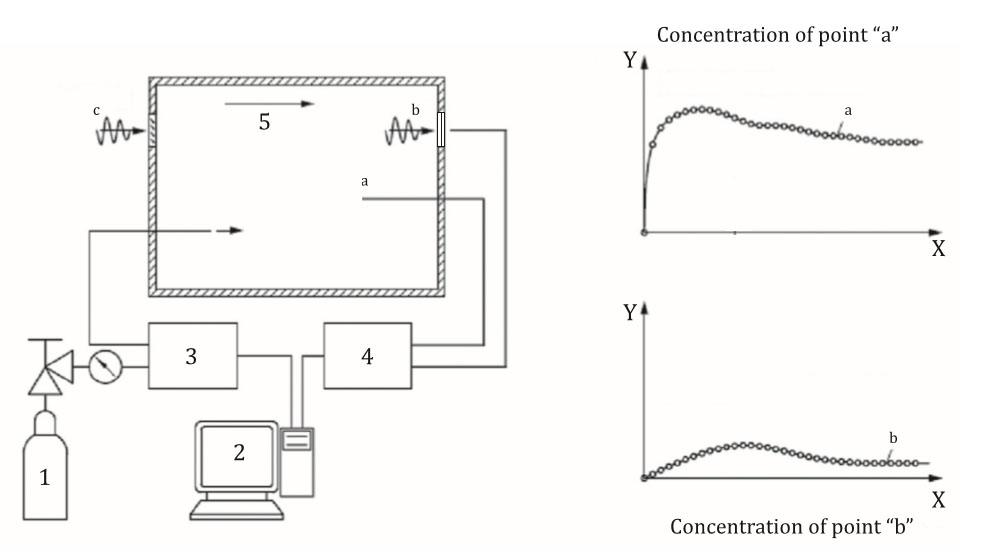
a – агаар сэлгэлтийг өөрчлөхөд хийн концентрацийн бууралт хурдан өөрчлөгдөж болно,

b – урт хугацаа шаардагдана,

c – тодорхой хэмжээний хийг эгшин зуурт ялгаруулна.

|  |  |
| --- | --- |
| 4-р зурагт үзүүлснээр агаар оруулах хоолойноос яндан хүртэл агаарын урсгалыг тасалсан бол бууралтын муруйн тодорхойломжийг бүрэн гаргахын тулд хангалттай урт үеэр хэмжих хэрэгтэй. Алдаа гаргахад хүргэж болох эрсдэлтэй байж болох бөгөөд учир нь хэмжихэд зориулсан тусдаа бүсийн бодит нөхцөлд агаар сэлгэлтийн хөдөлгөөн зогссоноос сорох агаарын концентрацийн бууралтыг удаашруулж, хэмжлийг хязгаартай хугацаанд зогсоох шаардлага гарна. Тиймээс концентрацийн бууралтыг экстраполяц хэрэглэн, ойролцоо утгаар тооцоолсны дараа алдаа гарах төдийгүй тэнцвэр алдагдсан агаарын хэлбэлзэл нь тусдаа бүсэд хялбархан нөлөөлдөг. | Even if, as per Figure 4, a short circuit flow occurs from the supply inlet to the exhaust outlet, a long enough measuring period shall be exercised in order to provide whole characteristics of the decay curve. Because there is a risk that this can lead to errors, namely because under actual conditions whereby the zone targeted for measuring has become a place of stagnant ventilation, leading to delays in the attenuation of exhaust concentration, and forcing the measurements to be cut off in a limited time, errors occur because attenuation thereafter is approximated using extrapolation, and also the zone is easily affected by disturbance fluctuations. |

**Figure 4 — Measuring error by short circuit flow**

****

**Key**

1 tracer gas

2 data gathering, gas dose/air collection control

3 gas dose apparatus

4 gas concentration measuring instrument

5 short circuit

X elapsed time

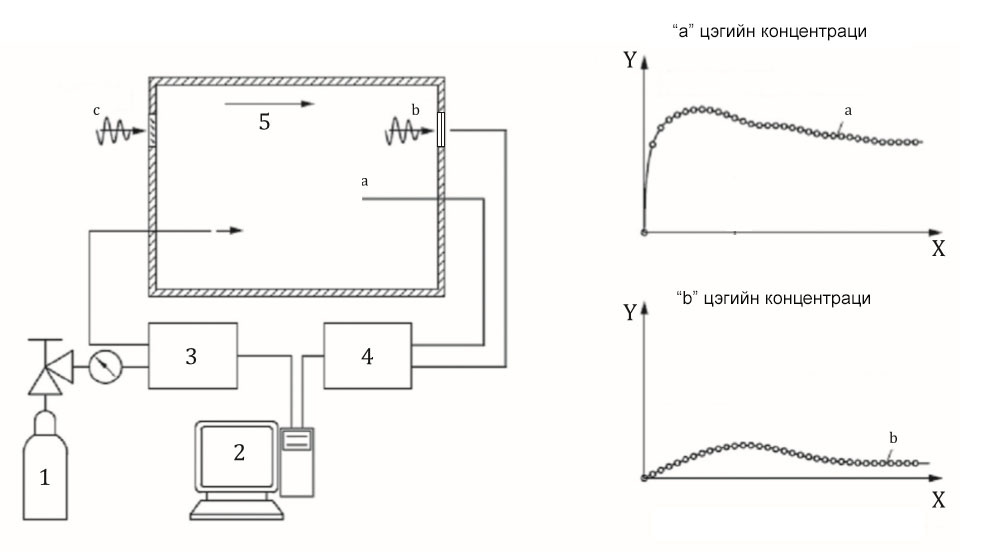
Y concentration

a Concentration at the representative point in the zone.

b Exhaust concentration.

c Air supply.

**4-р зураг – Агаарын урсгалыг тасалснаар хэмжилд алдаа гарах**

****

**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий,

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл агаар хуримтлуулахыг хянах төхөөрөмж,

3 – хийг тунлах хэрэгсэл,

4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл,

5 – агаарын урсгалыг таслах,

X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа,

Y – хийн концентраци,

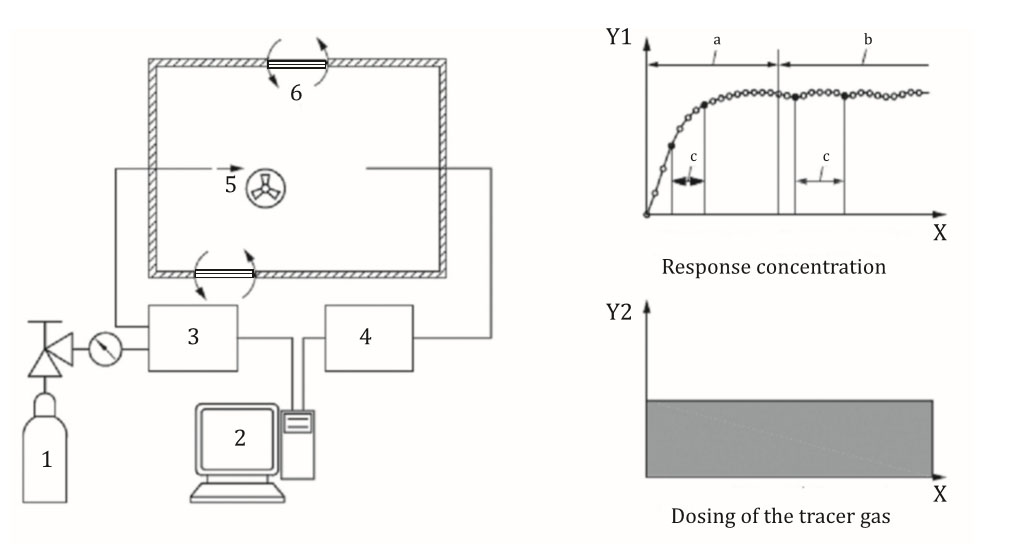
a – тусдаа бүс дэх төлөөлөх цэг дэх хийн концентраци,

b – сорох агаарын концентраци,

c – агаар оруулна.

|  |  |
| --- | --- |
| **5.4 Тасралтгүй хэмжээгээр өгөх арга**  **5.4.1 Урвуу концентрацийн аргын дунджийн тооцоо**  Энэ аргын хувьд хэмжлийг эхлэхээс дуусгах хүртэл шахсан заагч хийн тунгийн эзлэхүүн, нэгэн жигд хуваарилсан өрөөний агаарын концентраци болон агаар холих тусдаа бүсийн үр дүнтэй эзлэхүүнийг хэрэглэн, (25)-р томьёогоор солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолно.  (25)  үүнд:  t1 – хэмжлийг эхэлсэн эгшин, ц;  t2 – хэмжлийг дуусгасан эгшин, ц;  – хугацааны дунджаар авсан солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;    n – хэмжлийн тоо;  Vихб – агаарыг холих тусдаа бүсийн үр дүнтэй эзлэхүүн, м3;  Ck – өрөөний агаарын концентрацийг хэмжсэн k-р хэмжил, м3/ц;  mk – заагч хийн тунг хэмжсэн k-р эзлэхүүн, м3/м3;  C(t1) – t1 эгшинд хэмжсэн өрөөний агаарын концентраци, м3/ц;  C(t2) – t2 эгшинд хэмжсэн өрөөний агаарын концентраци, м3/ц нэгжтэй.  Заагч хийг дөнгөж тунлаж эхэлсний дараах өгөгдлийг хэрэглэж болохгүй. Харин заагч хийг тунласнаас хойш өгөгдлийг шууд цуглуулах шаардлагатай. Дараа нь туршилтын үндэслэлээр тооцоолсон t1 хугацаа өөрчлөгдсөн үеийн хугацааны дунджаар авсан агаарын хувийн зардал, мөн солилцуулах агаарын зарцуулалт тогтворжсон хугацаанаас эхлэн тооцоолсон үр дүнгүүдийг авна.  **5.4.2 Урвуу концентрацийн аргын дунджийн горим**  Энэ аргын хувьд тусдаа бүсэд хийн концентрацийг хэмжих явцад концентрацийн хуваарилалтыг нэгэн жигд байлгаж, заагч хийг ихэнхдээ тогтмол урсгалаар өгдөг. Хийн концентрацийг тогтворжуулсны дараах хугацааны дунджаар авсан солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тодорхойлохдоо заагч хийн зардлыг хоёр эгшний хоорондын хийн концентрацид харьцуулсан интеграцийн харьцаагаар олно.  Тиймээс заагч хийн зардал болон хийн концентрацийн аль алийг нь тасралтгүй хэмжих нь давуу талтай. Гэхдээ хэмжлийг тусдаа үеүдээр хийх бол хугацааны дифференциал алдааг багасгахын тулд хугацааны интервал нь 1 мин орчим байвал зохино.  Солилцуулах агаарын эгшин зуурын зарцуулалтыг хугацааны явцад шалгахын тулд хамгийн багадаа хоёр мужид хэмжил хийх шаардлагатай.  Туршилтын энэ аргыг 5-р зурагт тоймлон харуулсан. Хийн концентрацийг нэмэгдүүлэх явцыг дуусгасан гэдгийг баталгаажуулахын тулд, мөн хийн концентрацийн өөрчлөлтийн улмаас болон заагч хийн зардлын интеграл утгын шаардлагаар тасралтгүй хэмжил, бичилт хийх боломжтой болгохын тулд тоног төхөөрөмж хэрэгтэй болно. Түүнчлэн тусдаа бүсэд хийн концентраци нэгэн жигд байгааг баталгаажуулахын тулд орон зайн олон цэгт концентрацийг хэмжих төхөөрөмжтэй байвал давуу талтай. Хэмжлийн хугацааны интервал 30 мин байх нь ерөнхийдөө тохиромжтой.  Хэмжлийн алдаа нь тооцоолсон концентрацийн 2 %-аас хэтрэхгүй байх, агаарын концентрацийг хий шинжлэх төхөөрөмж илрүүлэх боломжтой хүрээнд байлгахын тулд заагч хийн урсгалын зардлыг тогтоох шаардлагатай. Тусдаа бүс дэх агаарын концентрацийн өөрчлөлтийг 10 %-аас бага хувьд барихын тулд хийн концентрацийг тарааж холих хэрэгтэй. | **5.4 Continuous dose methods**  **5.4.1 Calculation of average of inverse concentration method**  Through this method, the average ventilation rate is obtained from Formula (25), applying the volume of tracer gas dose from the start to the end of measurement, uniformly distributed room air concentration and effective mixing zone volume.  (25)  where  t1 is the time at which measurement starts, in h;  t2 is the time at which measurement ends, in h;  is the mean time ventilation rate, in m3/h;    n is the number of measurements;  Vemz is the effective mixing zone volume, in m3;  Ck is the kth measurement of room concentration, in m3/h;  mk is the kth volume of tracer gas dose, in m3/m3;  C(t1) is the room concentration at t1, in m3/h;  C(t2) is the room concentration at t2, in m3/h.  Data from immediately after the start of tracer gas dosing shall not be used. The acquisition of data shall start from immediately after tracer gas dosing, and then the time-mean specific airflow rate in which t1 changed calculated in trial bases, and the results of calculation of ventilation rate adopted from the time they had stabilized.  **5.4.2 Procedure of average of inverse concentration method**  In this method, the tracer gas is supplied usually at a constant flow rate keeping uniform distribution in the zone while measuring the concentration of the gas in the zone. After gas concentration being stabilized, the mean time ventilation rate is obtained by the integrated ratio of tracer gas supply rate against gas concentration between the two points.  Therefore, it is preferable to measure both tracer gas supply rate and gas concentration continuously; however, when the measurement is carried out in discrete times, time intervals shall be about 1 min to minimize time differential error.  In order to verify transient ventilation rate over time, at least two ranges should be measured.  Figure 5 outlines this test method. So that the completion of the gas concentration elevation process can be confirmed and because of gas concentration changes and the necessity of the integral value of a tracer gas supply rate, an apparatus is needed to enable continuous measuring and recording. Furthermore, a spatial multi-point measuring apparatus would be preferable for also confirming the uniformity of gas concentration in the zone. Typically, 30 min are appropriate for measurement intervals.  The tracer gas flow rate shall be set so that errors are within 2 % of the target concentration and so that concentration is within a detectable range for the gas analyser. The gas concentration within the zone should be mixed so that the gas concentration variation within the zone is less than 10 %. |

**Figure 5 — Overview of average of inverse concentration method**



**Key**

1 tracer gas X elapsed time

2 data gathering, gas dose or air collection control Y1 concentration

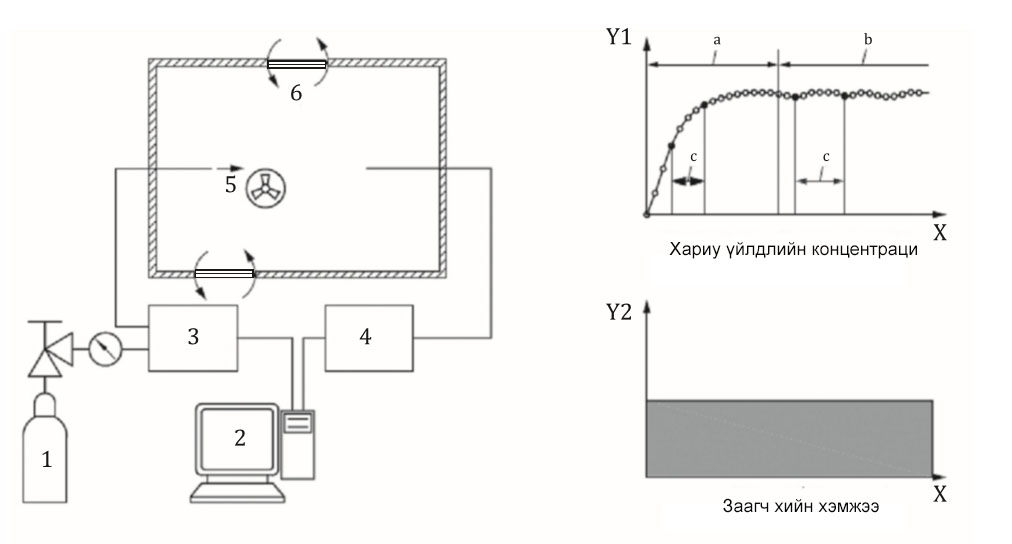
3 gas dose apparatus Y2 gas supply

4 gas concentration measuring instrument a transient state and not recommended to use.

5 mixing fan b Recommended.

6 fluctuation in ventilation can be allowed c averaging time (=t2 − t1)

**5-р зураг – Урвуу концентрацийн аргын дунджийн ерөнхий тойм**

****

**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл

агаар хуримтлуулахыг хянах Y1 – хийн концентраци

3 – хийг тунлах хэрэгсэл Y2 – хийг шахах,

4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл a – шилжилтийн төлөв бөгөөд хэрэглэхийг зөвлөдөггүй.

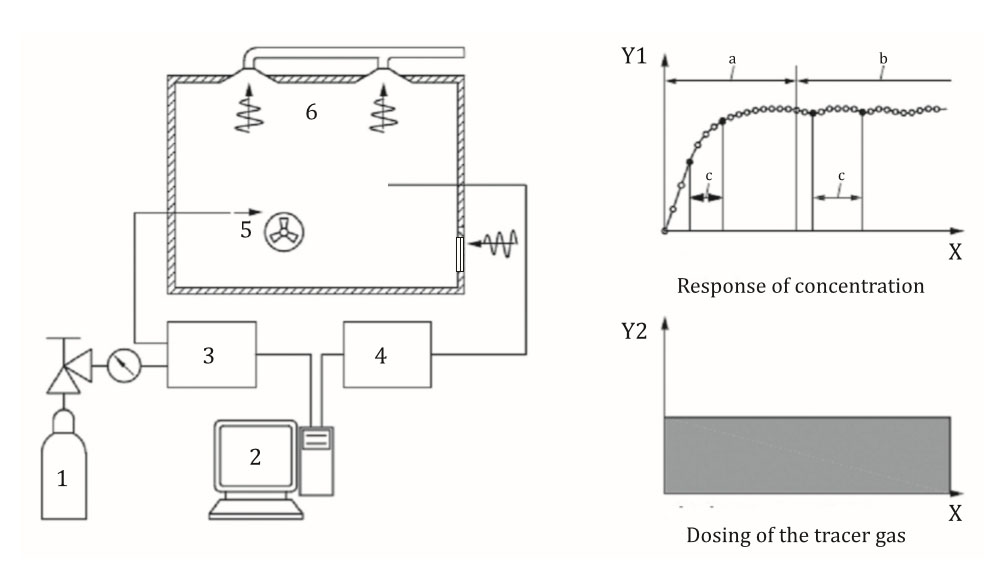
5 – агаар холих сэнс b – хэрэглэхийг зөвлөнө.

6 – агаар сэлгэлтийн хэлбэлзлийг зөвшөөрнө c – хугацааг дунджаар авах

(хугацаа нь t2-t1 ялгавартай тэнцүү)

|  |  |
| --- | --- |
| **5.4.3 Дундаж концентрацийн аргын тооцоо**  Хэмжлийг эхлэх эгшнээс дуусгах эгшин хүртэлх агаарын дундаж концентраци болон эхлэх, дуусгах эгшний концентрацийн эгшин зуурын утгыг (26)-р томьёонд орлуулж, солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолно.  (26)  үүнд:  t1 – хэмжлийг эхэлсэн эгшин, ц;  t2 – хэмжлийг дуусгасан эгшин, ц;  Qv – солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;  – заагч хийн дундаж зардал  , м3/ц;  – хугацааны дунджаар авсан өрөөний агаарын концентраци  , м3/м3;  Vихб – агаарыг холих тусдаа бүсийн үр дүнтэй эзлэхүүн, м3;  C(t1) – t1 эгшинд хэмжсэн, өрөөний агаарын концентраци, м3/м3;  C(t2) – t2 эгшинд хэмжсэн, өрөөний агаарын концентраци, м3/м3;  Ck – k-р хэмжлийн үеийн өрөөний агаарын концентраци, м3/м3;  mk – k-р хэмжлийн үед заагч хийн хийн зардал, м3/ц нэгжтэй.  PFT (perfluorocarbon tracer) буюу перфто нүүрстөрөгчийн заагч хийн аргыг багтаасан, идэвхгүй аргаар хэмждэг, дундаж концентрацийн аргыг хэрэглэх үед C(t1) болон C(t2) концентрацийг хэмжих боломжгүй. (29)-р томьёоны баруун талын хоёрдугаар гишүүнийг үл тооцож болох учраас дарааллыг тооцоолохдоо (27)-р томьёоны баруун талд гүйцэтгэх хэрэгтэй. Энэ шаардлагыг хангахын тулд дундаж хугацааны утга хангалттай их байх эсвэл өрөөний агаарын концентрацийг тогтворжуулсны дараа эхний хэмжлийн хугацааг тогтооно.  (27)  Энэ тохиолдолд солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолохын тулд (28)-р томьёог хэрэглэнэ.  (28)  үүнд:  t1 – хэмжлийг эхэлсэн эгшин, ц;  t2 – хэмжлийг дуусгасан эгшин, ц;  Qv – солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;  – заагч хийн дундаж хийн зардал  , м3/ц;  – хугацааны дунджаар авсан өрөөний агаарын концентраци  , м3/м3 нэгжтэй.  **5.4.4 Дундаж концентрацийн аргын горим**  Дундаж концентрацийн аргын (6-р зургийг үзнэ үү) дагуу туршилтын горимыг мөрдөнө. Урвуу концентрацийн аргын дунджаар тооцох горимыг (12)-р томьёогоор олсон, (хийн урсгалын хийн зардал)/ (хийн концентраци) дундаж утгад үндэслэсэн бол дундаж концентрацийн аргыг (14)-р томьёонд тооцсон, утгад суурилсан. Түүнээс гадна хийн хийн зардал болон өрөөний агаарын концентрацийг дунджаар авахдаа тус тусад нь тооцоолно. | **5.4.3 Calculation of average concentration method**  The ventilation rate is calculated by inserting into Formula (26) the mean concentration from the measurement start point to the end point and instantaneous concentration at start and end point.  (26)  where  t1 is the measurement start point, in h;  t2 is the measurement end point, in h;  Qv is the ventilation rate, in m3/h;  is the mean traser gas supply rate  , in m3/h;  is the time-mean room concentration  , in m3/m3;  Vemz is the effective mixing zone volume, in m3;  C(t1) is the room concentration at t1, in m3/m3;  C(t2) is the room concentration at t2, in m3/m3;  Ck is the k-th room concentration measured, in m3/m3;  mk is the tracer gas supply rate at k, in m3/h.  When using the average concentration method according to the passive method including the PFT method, C(t1) and C(t2) cannot be measured, so evaluation of the order should be performed for the right side of Formula (27) so that the second term on the right side of Formula (29) may be ignored. To meet this demand, a sufficiently long mean time is used or the measurement start time is set after room concentration is stabilized.  (27)  In this instance, Formula (28) is used to calculate the ventilation rate:  (28)  where  t1 is the measurement start point, in h;  t2 is the measurement end point, in h;  Qv is the ventilation rate, in m3/h;  is the mean traser gas supply rate  , in m3/h;  is the time-mean room concentration  , in m3/m3.  **5.4.4 Procedure of average concentration method**  Follows the procedure as the average concentration method (see Figure 6). While the average of inverse concentration method bases average of (gas supply flow rate)/(gas concentration) in Formula (12), the average concentration method relies on ] as seen from Formula (14), and averaging of gas supply rate and room concentration is made separately. |

**Figure 6 — Overview of average concentration method**



**Key**

1 tracer gas X elapsed time

2 data gathering, gas dose or air collection control Y1 concentration

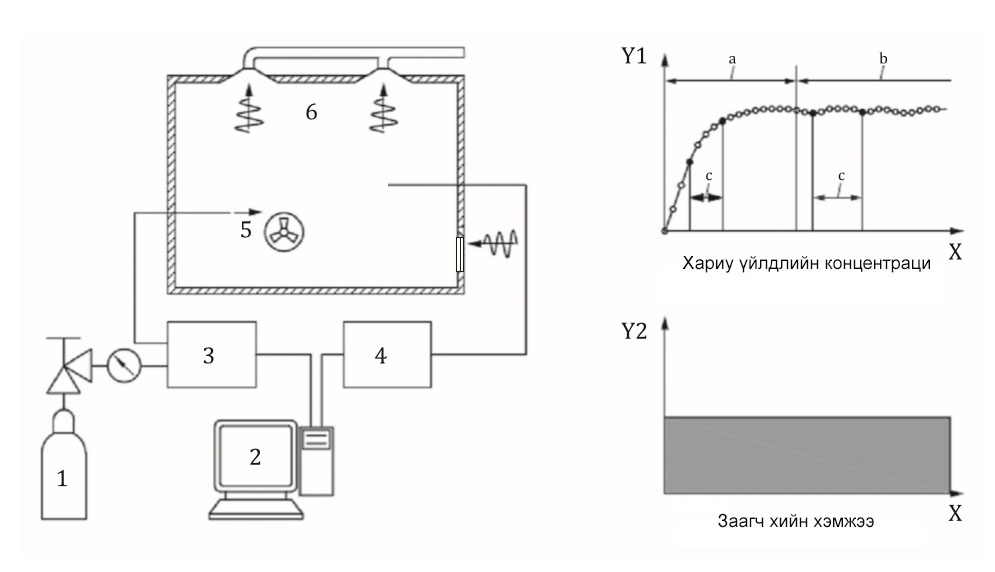
3 gas dose apparatus Y2 gas supply

4 gas concentration measuring instrument a Transient state and not recommended to use.

5 mixing fan b Recommended.

6 only applicable in case of mechanical ventilation c averaging time (=t2 – t1)

**6-р зураг - Дундаж концентрацийн аргын ерөнхий тойм**

****

**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл

агаар хуримтлуулахыг хянах Y1 – хийн концентраци

3 – хийг тунлах хэрэгсэл Y2 – хийг шахах,

4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл a – шилжилтийн төлөв бөгөөд хэрэглэхийг зөвлөдөггүй.

5 – агаар холих сэнс b – хэрэглэхийг зөвлөнө.

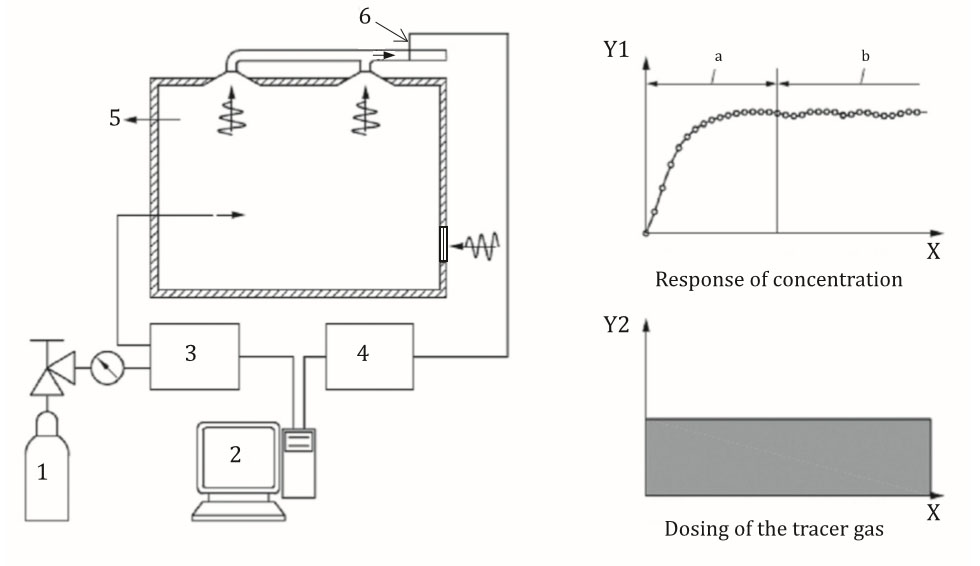
6 – зөвхөн механик агаар сэлгэлтийн тохиолдолд

хэрэглэх боломжтой c – хугацааг дунджаар авах

(t2-t1 хугацаатай тэнцүү)

|  |  |
| --- | --- |
| **5.4.5 Тогтвортой концентрацийн аргын тооцоо**  Өрөөний агаарын концентраци тогтворжсоны дараа тооцоолсон сорох агаарын дундаж концентрацийг хэрэглэж, (29)-р томьёогоор солилцуулах агаарын зарцуулалтыг олохын тулд өрөөнд заагч хийг тасралтгүй өгөх энэ аргыг ашиглана. Хэрэв сорох агаарын концентрацийг олон удаа хэмжсэн бол хэмжлийн дундаж утгыг томьёонд хэрэглэдэг.  (29)  үүнд:  Qv – солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;  m – заагч хийн хийн зардал, м3/ц;  CE – сорох агаарын тогтвортой концентраци, м3/ м3 нэгжтэй.  **5.4.6 Тогтвортой концентрацийн аргын горим**  Зөвхөн механик агааржуулалтын систем суурилуулсан тусдаа бүсэд энэ аргыг хэрэглэнэ. Агаарын хувийн зардлыг хэмжиж байгаа тусдаа бүсэд заагч хийг тогтмол урсгалаар өгдөг. Тогтворжсон төлөвтэй болох үед хийн зардал болон сорох агаарын тогтвортой концентрацийг хэмждэг.  Хэмжлийн ерөнхий тоймыг 7-р зурагт харуулсан. Сорох агаарын тогтвортой концентрацийг нарийвчлалтай хэмжихийн тулд сорох агаарын концентрацийг урт хугацааны туршид хэмжих хэрэгтэй. Түүнчлэн солилцуулах агаарын зарцуулалт энэ үед өөрчлөгдөхгүй байх нөхцөлийг шаардана. Агаар сорох хэд хэдэн яндантай бол агаарын зардалд жинлэсэн сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжсэн байвал зохино. Гэхдээ яндан бүрийн агаарын зардал тодорхойгүй бол агаарын зардалд жинлэсэн сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжихийн тулд олон яндан нэг сувагт нийлэх цэгээс агаар урсах байрлалд хэмжлийн цэгийг тааруулах боломжтой.  Хэмжлийн энэ аргад өрөөний агаарын концентраци нэгэн жигд байх шаардлага тавихгүй. Сорох агаарын хэмжсэн концентраци нь тусдаа бүсээс ялгарч байгаа сорох агаарын концентрацийн 90 %-аас их байвал энэ аргыг хэрэглэж болно. Гадна орчинтой харьцуулахад өрөөнд сөрөг даралттай байх эсвэл тусдаа бүсээс гадна орчин руу агаар нэвчих хурдыг тооцохооргүй бага, хангалттай битүүмжлэлтэй учраас зөвхөн сорох сэнсэнд зориулсан агааржуулалтын систем эсвэл агаарын зардлыг их байхаар тохируулсан, тэнцвэртэй агаар сэлгэлтийн системтэй байхаар янданг суурилуулсан үед энэ нөхцөлийг бүрдүүлнэ. | **5.4.5 Calculation of stationary concentration method**  With the tracer gas supplied steadily to the room, this method is used to obtain the ventilation rate by using Formula (29), applied with the average exhaust concentration obtained after the room concentration has become stationary. If the exhaust concentration is measured several times, the average is applied to the formula.  (29)  where  Qv is the ventilation rate, in m3/h;  m is the tracer gas supply rate, in m3/h;  CE is the stationary exhaust concentration, in m3/m3.  **5.4.6 Procedure of stationary concentration method**  This method only applies to a zone where a mechanical ventilation system is installed. The tracer gas is supplied at a constant flow rate into the zone with the flow rate being measured. When a stationary state has reached, the gas supply rate and stationary exhaust concentration are measured.  An outline is shown in Figure 7. In order to measure stationary exhaust concentration accurately, the exhaust concentration shall be measured continuously over the long term. Conditions are also needed to ensure that the ventilation rate does not change during this period. If there are multiple exhaust outlets, such airflow weighted mean exhaust concentrations shall be measured. Although the airflow at each exhaust outlet is not known, it is possible to measure this airflow weighted mean exhaust concentration by setting the measurement point at a position downstream from a mixing point at which these multiple exhaust outlets have merged into one exhaust duct.  With this measurement method, the room concentration does not need to be uniform. This method can be applied if the measured exhaust concentration represents more than 90 % of exhaust air concentration leaving from the zone. This situation is realized when exhaust only ventilation system or balanced ventilation system with larger airflow rate setting for exhaust fan is installed so that the room is kept negative pressure in relation to that of outside or the zone is sufficiently airtight for negligible exfiltration flow rate to the outside. |

**Figure 7 — Overview of stationary concentration method**



**Key**

1 tracer gas X elapsed time

2 data acquisition, gas dose or air collection control Y1 concentration

3 gas supply apparatus Y2 gas supply

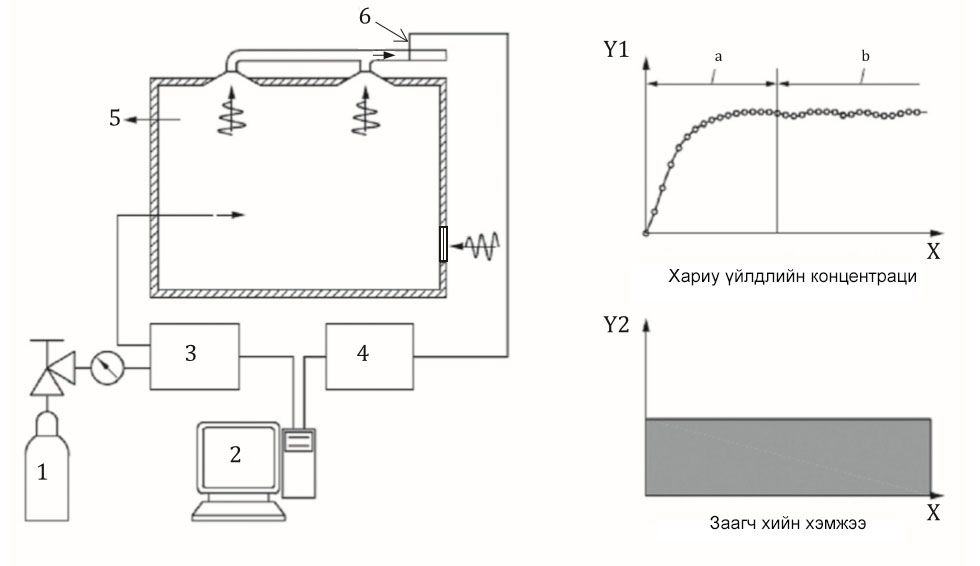
4 gas concentration measuring instrument a Transition state and not to be used.

5 negligibly small exfiltration flow rate b Can be used.

6 airflow weighted mean exhaust concentration shall

be measured

**7-р зураг –** **Тогтвортой концентрацийн аргын ерөнхий тойм**



**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл

агаар хуримтлуулахыг хянах Y1 – хийн концентраци

3 – хийг тунлах хэрэгсэл Y2 – хийг шахах,

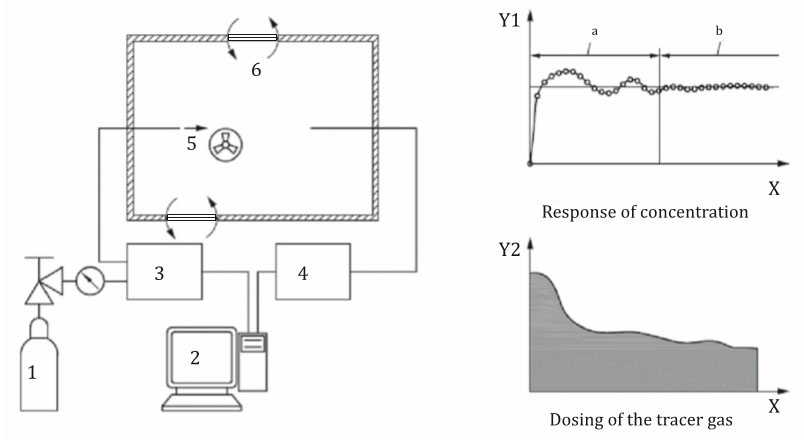
4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл a – шилжилтийн төлөв бөгөөд хэрэглэхийг зөвлөдөггүй.

5 – агаар нэвчих хурд нь үл тооцохоор бага байна b – хэрэглэх боломжтой.

6 – агаарын хувийн зардалд жинлэсэн сорох агаарын дундаж концентрацийг хэмжсэн байх шаардлагатай.

|  |  |
| --- | --- |
| **5.5 Тогтмол концентрацийн арга**  **5.5.1 Тогтмол концентрацийн аргын тооцоо**  Заагч хийн тодорхой хэмжээ, агаарын нэгэн жигд хуваарилсан концентрацийг (тогтмол түвшинд хянадаг) хэрэглэсэн дараах тэнцэтгэл бишийг хэрэглэж, солилцуулах агаарын эгшин зуурын зарцуулалтыг олохын тулд энэ аргыг ашигладаг.  Барилгын орон зайгаар бүрдүүлсэн, тусдаа бүсийн агаарын концентрацийг нэг түвшинд барьсан бол барилгыг бүхэлд нь багтаасан олон орон зайнаас агаарын нийлмэл зардлыг энэ аргаар тодорхойлох боломжтой.  (30)  Тэнцэтгэл бишийн тэмдэглэгээнүүдийн утга нь өмнөх томьёонуудад тайлбарласан утгуудтай адил байна. Солилцуулах агаарын эгшин зуурын зарцуулалтыг нарийвчлалтай тооцоолохын тулд өрөөний агаарын концентрацийг тооцоолсон концентрацитай ойролцоо хэмжээнд байнга барих шаардлага гарна. Тиймээс хугацааны дунджаар авсан агаарын хувийн зардлыг олох хэрэгтэй үед (31)-р томьёог хэрэглэнэ.  (31)  үүнд:  – хугацааны дунджаар авсан агаарын хувийн зардал, м3/ц;  = , м3/ц;  = , м3/ц;  n – концентраци болон заагч хийн хэмжээний дугаар [ - ];  Ck - өрөөний агаарын концентрацийг хэмжсэн k-р хэмжил, м3/ц;  mk – заагч хийн тунг хэмжсэн k-р хэмжил, м3/ц нэгжтэй.  **5.5.2 Тогтмол концентрацийн аргын горим**  Агаарын концентрацийг орон зай бүрд нэгэн жигд хуваарилж, тогтмол барих, тунласан хийг хэмжихийн тулд хоёр эсвэл түүнээс олон орон зайгаар бүрдүүлсэн, тусдаа бүс рүү шахахад зориулсан заагч хийн хэмжээг ихэвчлэн хянадаг. Тусдаа бүс бүрд агаарын концентрацийн хуваарилалтыг 10 %-аас хэтрүүлэхгүй, мөн концентрацийг нэгэн жигд барихын тулд заагч хийг холино. Бүс хоорондын агаарын концентрацийн ялгаа 5 %-аас илүү байж болохгүй. Холбох бүс(үүд)ээр дамжихгүй, гадна орчноос тусдаа бүс рүү шууд орох агаарын хэмжээг тусдаа бүсэд өгсөн хийн хэмжээ болон хэмжсэн тогтмол концентрациас тооцоолж болно.  Туршилтын энэ аргыг 8-р зурагт тоймлон харуулав. Солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолоход хэрэглэх боломжтой, агаарын концентрацийн хэмжсэн утга нь тооцоолсон концентрацид үндсэндээ нийцсэн, тогтвортой байх шаардлагатай. Өөрөөр хэлбэл, энэ төлөвт шилжих үед хэмжсэн утгыг хэрэглэж болохгүй. Түүнчлэн эдгээр концентраци тогтмол болсон гэж баталгаажуулах хүртэл хэмжлийг үргэлжлүүлэх хэрэгтэй. Түр хугацааны тодорхой хэмжил хийх үед орон зай тус бүрд хэдэн минут тутамд хэмжил хийвэл зохино.  Урт хугацааны хэмжилд зориулж, тогтмол концентрацийн аргыг хэрэглэх үед хэмжлийн хугацааг жишээ нь, 30 минутын богино үеүдэд хувааж, цаг агаар эсвэл бусад параметрээс шалтгаалан, солилцуулах агаарын зарцуулалт өөрчлөгдөх хугацааны хандлагыг үнэлэх боломжтой байхын тулд богино үе тус бүрийн хувьд үр дүнг шинжилдэг.  Хийн концентрацийг хянах боломжтой хувьсах хэмжигдэхүүн, хийн зардлыг хариу үйлдлийн явцад хэрэглэдэг ажлын хувьсах хэмжигдэхүүн гэж үзэх үед тооцоолсон концентрациас хамгийн бага хэмжээнд хэлбэлзүүлэхийн тулд хяналтын алгоритм шаардлагатай. Агаарын концентрацийг тогтмол байлгахын тулд тохируулж болох хяналт, мөн пропорционал, интеграл эсвэл дифференциал хяналтыг хэрэглэж болно. | **5.5 Constant concentration method**  **5.5.1 Calculation of constant concentration method**  This method is used to obtain the transient ventilation rate using the following equation applied with the amount of tracer gas dose and uniformly distributed concentration, which is controlled at a constant value.  If the concentration in the zone consisting of spaces in building is kept at the same concentration, this method allows the determination of a combined airflow rate from multiple spaces that comprise the entire building.  (30)  Refer to previous equations for the meaning of the symbols.  In order to calculate accurately the instantaneous ventilation rate, it is necessary for the room concentration to be constantly kept in the vicinity of the target concentration thus Formula (31) is used when the time-mean specific airflow rate is required.  (31)  where  is the time-mean specific airflow rate, in m3/h;  = , in m3/h;  = , in m3/h;  n is the number of concentration and tracer gas dose [ - ];  Ck is the kth room concentration measured, in m3/h;  mk is the kth tracer gas dose measured, in m3/h.  **5.5.2 Procedure of constant concentration method**  Generally, the amount of the tracer gas is controlled for injection to a zone consisting of two or more spaces in such a way that the concentration at each space becomes constant and uniformly distributed, and the amount of gas dosed is measured. The tracer gas is mixed to keep the concentration uniform so that the distribution in each zone does not become more than 10 %. The difference between zones should not be more than 5 %. The amount of air flowing from outside directly to a zone without passing through the connecting zone(s) can be obtained by the amount of gas supplied and constant concentration measured.  Figure 8 outlines this test method. It is important that the measured concentration value that can be used for calculating the ventilation rate shall be virtually the target concentration and stable. In other words, a measured value transitional to this state shall not be used. It is also necessary to continue measuring up until it can be confirmed that these concentrations become constant. When temporal discrete measurement is performed, it is necessary to conduct measurements every several minutes in each space.  When the constant concentration method is used for long-term measurements, the measurement period is broken down into short time periods, e.g. 30 min, and the results analysed for each of those short periods so that the trend over time of changing air change rate (or airflow rate) with weather or other parameters may be assessed.  When the gas concentration as a controlled variable and the gas dose flow rate as the operating variable are used for a feedback process, a control algorithm is needed to minimize deviations from the target concentration. To make the concentration constant, an adaptive control may be used and proportional, integral, or differential control may also be used. |

**Figure 8 – Overview of constant concentration method**

****

**Key**

1 tracer gas 8 room B

2 data gathering, gas dose or air collection control X elapsed time

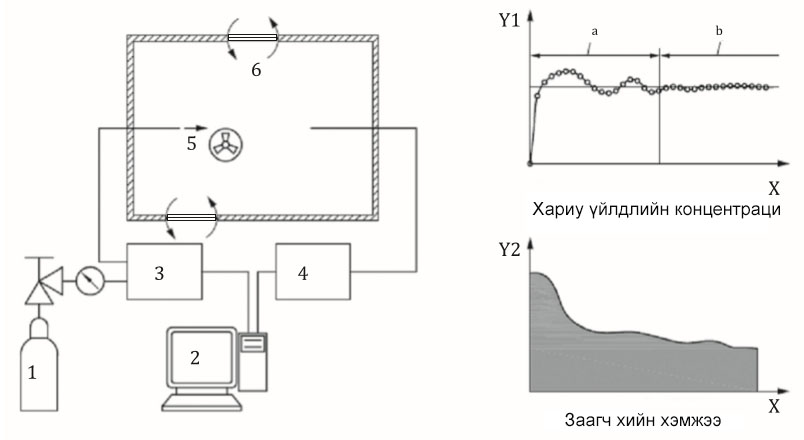
3 gas dose apparatus Y1 concentration

4 gas concentration measuring instrument Y2 gas supply

5 mixing fan a Not recommend to be used

6 fluctuation in ventilation allowed b `Usable measured value.

**8-р зураг –** **Тогтмол концентрацийн аргын ерөнхий тойм**



**Түлхүүр үг**

1 – заагч хий 8 – В өрөө

2 – өгөгдөл цуглуулах, хийг тунлах эсвэл

агаар хуримтлуулахыг хянах X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа

3 – хийг тунлах хэрэгсэл Y1 – хийн концентраци

4 – хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл Y2 – хийг шахах

5 – холигч сэнс a – хэрэглэхийг зөвлөдөггүй.

6 – агаар сэлгэлтийг зөвшөөрнө b – хэмжсэн утгыг хэрэглэх

боломжтой.

|  |  |
| --- | --- |
| **6 Нарийвчлал**  **6.1 Ерөнхий зүйл**  Заагч хийн концентрацид үндэслэн, энэ бүлэгт үзсэн томьёонуудаар тооцоолсон солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардлын нарийвчлал нь дараах хүчин зүйлээс шалтгаална. Үүнд:  - заагч хийг тунлах горим болон тусдаа бүс дэх агаарын концентрацийн хуваарилалт;  - заагч хийн дээж авах арга болон заагч хийг хадгалах арга;  - заагч хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл;  - салхи, гадна орчны агаар болон Халаалт, агаар сэлгэлт болон агаарын кондиционерийн системийн (HVAC) хуваарийн өөрчлөлт байна.  Дээрх хүчин зүйлсийн нөлөөгөөр үүссэн алдаа нь a) агаарын концентрацийг хэмжихэд гарсан алдаа, мөн b) заагч хийг хангалтгүй хольсноос агаарын концентрацийг нэгэн жигд хуваарилаагүйн улмаас гарсан алдаатай холбоотой байж болно. Солилцуулах агаарын зарцуулалтын үр дүн эсвэл агаарын хувийн зардалд агаарын концентрацийг хэмжихэд гарсан алдаа нөлөөлөх нь хэмжлийн аргаас шалтгаалан ялгаатай байдаг. Гэхдээ агаарын концентрацийн алдааны стандарт гажилт тодорхой байвал алдааны тархалтын аргаар солилцуулах агаарын зарцуулалт эсвэл агаарын хувийн зардлыг тооцоолох боломжтой. Түүнчлэн үнэмшлийн интервалд дүн шинжилгээ хийж болно. Хэмжлийн хэд хэдэн аргад зориулан, үнэмшлийн интервалыг тооцоолох аргыг A хавсралтад тайлбарласан.  **6.2 Заагч хийг тунлах горим болон өрөөний агаарын концентрацийн хуваарилалт**  1-р хүснэгтэд заасан хэмжлийн аргын дагуу заагч хийг тунлах горимоор өрөөний агаарын концентрацийг хуваарилах болон агаарын урсгалын тодорхойлох нь тооцоолсон солилцуулах агаарын зарцуулалтад алдаа үүсгэж болно. Нарийвчлалтай хэмжих арга болон тасралтгүй хэмжээгээр өгөх аргыг хэрэглэх тохиолдолд заагч хийн хэмжээнд гарах алдаа нь солилцуулах агаарын зарцуулалтад шууд нөлөөлдөг алдаа үүсгэх учраас нарийвчлалыг хянах нь чухал байдаг. Өрөөний агаарын концентрацийг хуваарилах нь тооцоолсон солилцуулах агаарын зарцуулалтад нөлөөлөх талаар 5-р зүйлээс үзнэ үү.  **6.3 Заагч хийн дээж авах болон хадгалах арга**  Заагч хийн дээж авах цэгүүдийг буруу байрлуулах нь тусдаа бүс дэх агаарын концентрацийн хуваарилалт болон агаар сэлгэлтийн янданд ихээхэн нөлөө үзүүлж болох юм. Дээж цуглуулах хоолойн материал, хийн төрөл болон туршилтад хэрэглэж байгаа концентрацийн хэмжээнээс шалтгаалсан өнгөцхөн шингээлтийн улмаас агаарын концентрацийн алдаа гарч болох тул анхааралтай байх хэрэгтэй. Хийн дээж авах хоолойн материалын тухай 5.5-р зүйлд заасан.  **6.4 Заагч хийн концентрацийг хэмжих хэрэгсэл**  **6.4.1 Ерөнхий зүйл**  Агаарын концентрацийн хэмжлийг маш нямбай хийхийн тулд заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн нарийвчлалыг шалгах нь их чухал байдаг. Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийг тухайн хэрэгслийн зөвшөөрөгдөх хүчин чадал, нарийвчлал, шилжилт зэрэг шинж чанарт үндэслэн сонгох шаардлагатай төдийгүй заагч хийд хэрэглэж байгаа концентрацид хамааруулах хэрэгтэй. Хэрэгслийн нарийвчлалыг хадгалахын тулд зохистой үед нь тохируулах хэрэгтэй. Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн нарийвчлалын талаар дараагийн зүйлд авч үзнэ.  **6.4.2 Зөвшөөрөгдөх хүчин чадал**  Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн зөвшөөрөгдөх хүчин чадалд үндэслэн, хэрэглэх заагч хийн хамгийн бага концентрацийг тодорхойлох хэрэгтэй. Хэрэглэх шаардлагатай, хамгийн бага концентраци нь заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн зөвшөөрөгдөх хүчин чадлыг наад зах нь 20 дахин ихэсгэсэн хэмжээтэй байвал зохино.  **6.4.3 Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн шилжилт (дрейф)**  Урт хугацааны хэмжлийн хувьд заагч хийг хэмжих, маш бага шилжилт (дрейф) бүхий нягт хэмжигчийг сонгох хэрэгтэй. Хэрэв багажийн шилжилтийн нөлөөг анхаарч байгаа бол эталон хийн (концентраци нь тодорхой байхаар тохируулсан эталон хий) концентрацийг дурын хугацаанд хэмжиж, хэмжлийн өгөгдлийг засах шаардлагатай. Гэхдээ зааж байгаа утгын алдааны давтамж нь эталон хийн 5 %-аас хэтэрсэн үед хэмжсэн утгыг засаж болохгүй. Харин хэмжих хэрэгслийг (тэг болон интервалыг тааруулах) тохируулах хэрэгтэй.  **6.4.4 Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн нарийвчлал**  Тохируулсан эталон хийг хэмжих үед хийг шинжлэх хэрэгслээр хэмжсэн концентраци болон эталон хийн концентрацийн зөрүү нь концентрацид хэрэглэж байгаа хязгаарын 5 %-аас ихгүй байхаар заагч хийг шинжлэх хэрэгслийг сонгох нь давуу талтай гэж үзнэ.  **6.4.5 Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийн тохируулга**  Заагч хийг шинжлэх хэрэгслийг хэмжих концентрацийн төлөвлөсөн хязгаарт хамгийн багадаа хоёр концентрацид (хоёр төрөл: тэг хий болон интервалын хий) зориулан тохируулах шаардлагатай. Хэрэв хийг шинжлэх хэрэгсэлд шугаман хариу үйлчлэл байхгүй эсвэл хариу үйлчлэл нь тодорхойгүй бол тохируулгад гурваас олон концентраци байх хэрэгтэй. Онолын хувьд цуврал хэмжил хийхээс өмнө тохируулга хийвэл зохино. Тогтмол концентрацийн аргыг хэрэглэх үед хэмжихийн өмнө болон дараа нь тохируулга хийх шаардлагатай. Хэмжлийн бусад аргыг хэрэглэх үед хэмжих хэрэгслийн шилжилтийн нөлөөг анхаарах бол хэмжиж дууссаны дараа тохируулга хийх хэрэгтэй. Эталон хийн концентрацийг хэмжиж, хэмжих хэрэгслийн шилжилт их биш гэдгийг баталгаажуулахын тулд хэмжсэн утгыг шалгана. Хэрэв шилжилт ажиглагдсан бол хэмжлийн явцад шилжилтийг тооцоолж, хэмжсэн концентрацийг засах шаардлагатай. Гэхдээ шилжилтийн улмаас үүссэн алдаа 5 %-аас хэтэрвэл хэмжсэн утгыг засахгүй, харин хийг шинжлэх хэрэгслийг тохируулсны дараа дахин хэмжих нь давуу талтай.  **6.4.6 Эталон хийн концентраци**  Тохируулгад хэрэглэж байгаа эталон хийн концентраци нь 95 %-ийн магадлалтай заасан концентрацийн ±3 %-д байвал зохино.  Солилцуулах агаарын зарцуулалтыг өндөр нарийвчлалтай хэмжихийн тулд агаарын концентрацийг маш нарийвчлалтай хэмжих нь чухал гэж тэмдэглэсэн. Гэхдээ алдааны тархалтын шинж чанарын талаас хэмжлийн өндөр нарийвчлалыг хангахын тулд хэмжлийн хугацааны үе, хийг үүсгэх эзлэхүүн зэрэг хэмжлийн тохиромжтой нөхцөлийг урьдчилан шалгахдаа анхааралтай байх хэрэгтэй.  **6.5 Гадна орчны салхи, агаарын температур болон кондиционерийн системийн хуваарийн өөрчлөлт**  Гадна орчны салхи, агаарын температур болон төлөвлөсөн бүсийн кондиционерийн системийн хуваарийн өөрчлөлтөд үзүүлэх хариу үйлдлээс солилцуулах агаарын зарцуулалтад өөрчлөлт гарч болно. Хөдөлгөгч хүчээр (бүсүүдийн хоорондын температурын зөрүү болон механик тоног төхөөрөмж) агаар сэлгэлтийг эхлээд тодорхойлсны дагуу солилцуулах агаарын зарцуулалтын өөрчлөлт ялгаатай байж болно. Кондиционерийн системийн төрлөөс шалтгаалан, жишээ нь, систем агаарын хувьсах эзлэхүүнтэй үед механикаар агааржуулсан өрөөнүүдэд ч гадна орчны салхины хурд нөлөөлөх боломжтой. Тиймээс хэмжихээс өмнө солилцуулах агаарын зарцуулалтын тогтворгүй байдлыг шалгах шаардлагатай. Хэрэв өөрчлөлт ажиглагдвал солилцуулах агаарын зарцуулалтын өөрчлөлтийг зөвшөөрдөг хэмжлийн аргыг сонгох хэрэгтэй (1-р хүснэгтийг үзнэ үү).  **7 Туршилтын тайлан**  **7.1 Ерөнхий зүйл**  Туршилтын тайланд дараах мэдээллийг оруулах шаардлагатай. Үүнд:  a) хэмжил хийсэн барилгын бүтэц болон хашлага бүтээцэд онцгой анхаарч, хэмжлийн тусгай нөхцөлийн тухай ОУСБ-ын дугаар, мэдээлэл;  b) агаар сэлгэлт, кондиционерийн систем болон агааржуулах зай завсрын талаарх мэдээлэл;  c) тогтоосон техникийн нөхцөлд нийцүүлэн, хэмжил хийсэн тухай тайлбар;  d) хэмжлийн арга болон хэрэглэсэн хэмжих хэрэгсэл;  e) цуглуулсан өгөгдөл болон хэмжлийн үр дүн;  f) хэмжил хийсэн огноо байна.  Дээр дурдсан заалт тус бүрийг тайланд тусгасан жишээг дараах дэд зүйлд бичсэн.  **7.2 Туршилтын загварыг тодорхойлоход шаардлагатай дэлгэрэнгүй мэдээлэл**  a) Барилгын хаалт хүрээний нийт өндөр, хана, цонх, хаалга, дээвэр, суурийн хэрэглээ, хэмжээс, бүтэц болон хашлага бүтээцийн чухал тодорхойломжууд (фото зургийг оруулна).  b) Барилгын тухай мэдээлэл: нэршил болон хаяг байна.  c) Барилгын талбайн тайлбар: бүтэц, зам, нутаг дэвсгэр, салхины урсгалд саад үүсгэх үндсэн хаалтын талбайг төлөвлөсөн зураг, хашлага бүтээцийн зүг чиг болон цаг агаарын станцын байрлалыг оруулна.  d) Бүсийн тайлбар: бүсийн төлөвлөлт болон хөндлөн огтлолын зураг, бүсийн эзлэхүүн байна.  **7.3 Халаалт болон агааржуулалтын системийн дэлгэрэнгүй мэдээлэл**  a) Халаалт, агаар сэлгэлт болон кондиционерийн систем: төрөл, хүчин чадал болон агаар сэлгэлтийн горим.  b) Механик агаар сэлгэлт: төрөл, тоо, хүчин чадал болон сэнснүүдийн байрлал.  c) Байгалийн агаар сэлгэлт: төрөл, хэмжээ, хаалга, цонх, зай завсар, яндан болон ердийн бусад агаар сэлгэлтийн зай завсрын тоо болон байрлал.  d) Гадна орчноос агаар оруулах, барилгаас агаар гадагшлуулах зай завсрын төрөл, хэмжээ болон байрлал.  e) Агаар нэвчих талбай: аливаа илэрхий талбай эсвэл инфра улаан дулааны дүрсийг хүлээн авах зэрэг хэрэгслээр тодорхойлсон талбай байна.  **7.4 Туршилтын нөхцөл болон хэрэгсэл**  a) Туршилтын зорилго.  b) Туршилтын арга: концентрацийг бууруулах, тасралтгүй хэмжээгээр өгөх эсвэл тогтмол концентрацийн арга.  c) Заагч хийн хуваарилалт: хийн төрөл, хийг шахах арга, эхлээд шахах эзлэхүүн, хийг шахах байрлал, эхний концентраци, хэмжлийн системийн хэмжээ эсвэл эзлэхүүн, хийг шахах зарцуулалт, тооцоолсон концентраци болон хийг хуваарилах арга.  d) Заагч хийн дээж авах: дээж авах талбайн байрлал, орон зайд турших арга, дээж авах интервал, эхний дээж авах хугацаа, дээж авах арга, бүс болон дээж авах системд заагч хийг шингэрүүлэх эсвэл бохирдуулж шалгах арга.  e) Хийг шинжлэх хэрэгсэл: хийг шинжлэх хэрэгслийн төрөл болон тохируулга хийсэн огноо, арга болон үр дүн.  f) Өгөгдөл цуглуулах болон хянах: өгөгдлийг олох болон тэмдэглэх формат; тогтмол концентрацийн туршилтын аргын хувьд үйл явцыг хянахад хэрэглэсэн тоног төхөөрөмж болон алгоритмын төрлийг заана.  g) Нэмэлт хэмжил: барилгын дотор болон гадна талын температур, салхины хурд болон чиглэл, цаг агаарын ажиглалтын бусад өгөгдлийг тэмдэглэхэд хэрэглэсэн арга; салхины хурд, чиглэлийг хэмжсэн өндөр болон байрлал, хаалга эсвэл зөөлрүүлэгчийн байрлал зэрэг бусад зүйлийг хэмжихэд хэрэглэсэн хэрэгсэл байна.  **7.5 Цуглуулсан мэдээлэл болон үр дүн**  a) Заагч хийг шахсан тухай тэмдэглэл: хугацаа, орон зай болон хэмжээ.  b) Заагч хийн концентрацийн талаарх тэмдэглэл: хугацаа, байрлал болон дараах туршилтад зориулж авсан дээжийн концентраци: бохирдол, концентрацийн нэгэн жигд байдал, тогтвортой байдал болон агаарын хувийн зардал.  c) Агаарын хувийн зардлын тооцоо: тооцооны төрөл, тооцоог хийх хугацааны үе, N эсвэл Qv хэмжигдэхүүнийг концентраци болон хийг шахсан өгөгдлөөс тооцоолох.  ТАЙЛБАР: Хэмжлийн эргэлзээг тооцоолохдоо A хавсралтыг үзнэ үү.  d) Нэмэлт мэдээлэл: салхины хурд болон чиглэл, барилгын дотор болон гадна орчны агаарын температур.  **7.6 Туршилтын огноо**  Туршилтыг эхлэх болон дуусгахад барилгын дотор болон гадна орчны нөхцөлийг тооцсон туршилтын үе болно.  **A хавсралт**  (норматив)  **Үнэмшлийн интервал**  **A.1 Ерөнхий зүйл**  Концентрацийг бууруулах аргын нэг төрөл болох олон эгшинд бууруулах аргаар тодорхойлсон, агаарын хувийн зардлын үнэмшлийн түвшин болон үнэмшлийн интервалын талаар энэ хавсралтад авч үзнэ. Түүнчлэн тасралтгүй хэмжээгээр өгөх аргын нэг төрөл болох дундаж концентрацийн аргаар тодорхойлсон солилцуулах агаарын зарцуулалт, мөн тогтмол концентрацийн аргаар тодорхойлсон солилцуулах агаарын зарцуулалтын үнэмшлийн түвшин болон үнэмшлийн интервалыг тайлбарласан.  Туршилтын үр дүн болох солилцуулах агаарын зарцуулалтын нарийвчлалыг статистикийн аргачлалаар илэрхийлнэ. Өөрөөр хэлбэл солилцуулах агаарын зарцуулалтыг магадлалын хүрээнд илэрхийлдэг. Энэ хүрээг үнэмшлийн интервал, магадлалыг үнэмшлийн түвшин гэж нэрлэнэ.  **A.2 Концентрацийг олон эгшинд бууруулах арга**  Агаар сэлгэлтийн үр дүнд үүссэн агаарын концентраци хугацааны явцад өөрчлөгдөж болно. Концентрацийг олон эгшинд бууруулах аргад хугацааны өөрчлөлтөөр тайлбарлах боломжтой, ямар хэр хэмжээнд дүн шинжилгээ хийхийг тодорхойлохын тулд регрессийн аргыг хэрэглэдэг. Тогтмол утгатай адилаар өгсөн, агаарын хувийн N зардлыг дараах горимын дагуу статистикийн хувьд илэрхийлнэ. Регрессийн аргын тухай дэлгэрэнгүй мэдээллийг Ном зүйн [2]-т бичсэн.  Хэмжсэн ti хугацаа (бие даасан хувьсагч) бүрд регрессийн аргыг хэрэглэнэ. Түүнчлэн бие даасан ti хувьсагчийн хувьд регрессийн коэффициентээс тооцоолсон, агаарын хувийн N зардлыг тооцох үр дүн болсон агаарын С концентрацид (үүсмэл хувьсагч) регрессийн аргыг хэрэглэдэг.  Дараа нь агаарын хувийн N зардалд тохирох регрессийн коэффициентын хувьд таамагласан стандарт EN алдааг тооцоолно. Стандарталдаа нь тооцоолсон утгуудын дундаж утгын вариацын квадрат язгуур (түүврийн дундаж) болно. Өөрөөр хэлбэл, түүврийн дунджийн стандарт хазайлт бөгөөд дундаж вариацыг харуулна.  Регрессийн тэнцэтгэлд алдааг хэвийн хуваарилсан гэж таамаглан, агаарын хувийн N зардалд тохирох регрессийн коэффициентын стандарт алдааг (A.1)-р томьёогоор олно.  (A.1)  (A.2)  үүнд:  Yi – loge Ci логарифмыг хэмжсэн утга;  – loge Ci логарифмыг тооцсон утга;  ti – дээж тус бүрийн хэмжлийн хугацаа, с эсвэл ц;  – хэмжлийн хугацаануудын дундаж утга, с эсвэл ц;  k – дээжний тоо болно.  s – хэмжсэн дээжийн эх олонлогт зориулсан регрессийн тэнцэтгэлийн алдааны k–2 чөлөөний зэргээр тохируулсан утга. Өөрөөр хэлбэл, концентрацийн алдааг хэвийн хуваарилсан гэж таамагласан үеийн концентрацийн алдаа юм.  Эх олонлогийн хувьд концентрацийн вариацыг урьдчилан тодорхойлоогүй учраас концентрацид зориулан хэмжсэн утгуудын вариацаар орлуулна. Энэ нь k–2 чөлөөний зэрэгт хуваасан түүвэр болно. Регрессийн хоёр коэффициентыг тооцоолохын тулд чөлөөний хоёр зэргийг хэрэглэсэн учраас хоёр гэсэн тоог хассан.  Агаарын хувийн N зардалд зориулсан үнэмшлийн FN хязгаарыг түүврийн бүлгийн k нэгжид харьцуулсан үнэмшлийн 100(1 − α) түвшинд (A.3)-р томьёогоор илэрхийлнэ. Үнэмшлийн FN хязгаарын чөлөөний түвшин нь k–2 учраас t-хуваарилалтын хүснэгтийг энэ томьёонд хэрэглэсэн.  Түүврийн хэмжээ их биш бөгөөд стандарт EN алдаа нь хэмжсэн утгаас шууд тооцоолсон утга биш учир энд t-хуваарилалтын хүснэгтийг хэрэглэсэн.  (A.3)  үүнд:  t - t-хуваарилалтын хүснэгтээс авсан утга;  1–α – агаарын хувийн N зардлын үнэмшлийн түвшин;  k – түүврийн тоо болно. | **6 Accuracy**  **6.1 General**  Based on the concentration of the tracer gas, the accuracy of the ventilation rate or specific airflow rate obtained from the formulae in this clause are subject to the following factors:  — dose procedure of the tracer gas and concentration distribution in a zone;  — tracer gas sampling method and its storage method;  — measurement instrument of the tracer gas concentration;  — variation of wind, outside temperature, and the schedule of the HVAC system.  Errors occurring due to the above factors can be largely attributed to a) errors in concentration measurement and b) errors in non-uniform concentration distribution due to inadequate mixing of tracer gas. The effect of errors in concentration measurement on the resulting ventilation rate or specific airflow rate differ depending on the measurement method. However, if the standard deviation of the concentration error is known, the error in the ventilation rate or specific airflow rate could be estimated using the error propagation rule. It is also possible to conduct analysis on the confidence interval. Annex A shows the method for calculating the confidence interval for several measurement methods.  **6.2 Tracer gas dose procedure and room concentration distribution**  According to the measurement method shown in Table 1, the room concentration distribution caused by the tracer gas dose method and the airflow characteristics may provide errors in the estimated ventilation rate. In cases of the pulse method and continuous dose method, an error in tracer gas dose has a direct effect on ventilation rate so it is important to control the accuracy. Refer to Clause 5 for the effects of room concentration distribution on estimated ventilation rate.  **6.3 Tracer gas sampling and storage method**  Inappropriate positioning of the tracer gas sampling points can have a major effect on the concentration in a zone and the ventilation exhaust. Caution should also be exercised because concentration errors can sometimes occur due to adsorption depending on the collecting piping material and gas type and used concentration. Refer to 5.5 concerning collecting piping materials.  **6.4 Tracer gas concentration measuring instruments**  **6.4.1 General**  It is extremely important to control the accuracy of the tracer gas analyser for performing highly accurate concentration measurements. The tracer gas analyser should be determined based on attributes such as its resolution, accuracy, and drift, and in view of the relationship with the tracer gas concentration used. To maintain its accuracy, it shall also be calibrated when appropriate. The following discusses accuracy control of the tracer gas analyser.  **6.4.2 Resolution**  The minimum tracer gas concentration to be used should be decided based on the resolution of the tracer gas analyser. The minimum concentration to be used should be at least 20 times the resolution.  **6.4.3 Tracer gas analyser drift**  A tracer gas densitometer with minimal drift should be selected for long-term measuring. If there is a concern about the effects of drift, the standard gas (calibrated standard gas for which the concentration is known) concentration should be measured at any time and the measured data corrected. However, when the error rate of the read value exceeds 5 % of the standard gas, the measured value shall not be corrected but the measuring instrument (zero and span adjustment) should be calibrated instead of correcting the measured value.  **6.4.4 Accuracy of tracer gas analyser**  It would be preferable to select a tracer gas analyser so that the difference in gas analyser output concentration and standard gas concentration when measuring the calibrated standard gas is no more than 5 % for the concentration of the used range.  **6.4.5 Calibration of tracer gas analyser**  The tracer gas analyser should be calibrated at least at two concentrations (two types: zero gas and span gas) within the expected range of concentrations to be measured. If the analyser does not have the linear response or its response is not known, more than three concentrations are necessary for the calibration. Calibration should ideally be performed before conducting a series of measurements. When the constant concentration method is employed, calibration shall be performed before and after measuring, and when other measuring methods are employed, calibration should also be performed after the completion of measuring if there is a concern about the effects of drift. The standard gas concentration is measured and the value checked to confirm the absence of a large drift. If drift is observed, the drift during the measuring should be estimated and the measured concentration corrected. However, if the error caused by drift exceeds 5 %, the preference would be to not perform correction but conduct measuring again after calibrating the analyser.  **6.4.6 Standard gas concentration**  The concentration of the standard gas used for calibration shall be ±3 % of the indicated concentration at a probability of 95 %.  As outlined, it is vital that concentration measuring should be highly accurate in order to measure ventilation rate with a high degree of accuracy. However, in view of the nature of error propagation, caution should be exercised to ensure highly accurate measuring, by investigating beforehand appropriate measuring conditions such as measurement time period and volume of gas generating rate.  **6.5 Changes in outside wind and outdoor air temperature and schedule of air conditioning system**  It is possible that the changes in ventilation rate can occur in response to changes in outside wind speed, outdoor air temperature, room temperature, and the schedule of the air conditioning system in the zone targeted. Corresponding to how ventilation is determined primarily by driving force (wind temperature difference between zones, and mechanical equipment), the ventilation rate changes can change differently. Even in mechanically ventilated rooms, depending on the type of air conditioning system, such as when it is a variable air volume system, it can also be affected by outside wind speed. Before measuring, ventilation rate variability should be investigated and if changes are anticipated, a measuring method that permits ventilation rate changes should be selected (see Table 1).  **7 Test report**  **7.1 General**  The report shall include the following information:  a) ISO number and the information about specific conditions where measurements were made, particularly focusing on building structure and its envelope;  b) information about ventilation, the air conditioning system and openings for ventilation;  c) description that the measurement was made as per the specifications set forth;  d) measurement method and instruments employed;  e) data collected and results of measurement;  f) date of measurement.  The following subclauses show examples of the content in the report for each of the above items.  **7.2 Details necessary to identify the simulation tested**  a) Use, dimensions, construction of walls, windows, doors, roof, foundation, overall heights of the enclosure and other important envelope features (including representative photographs).  b) Building information: name, address.  c) Site description: site plan sketch of structures, roads, terrain, major obstructions to wind flow, orientation of the enclosure, and the location of the meteorological station.  d) Zone description: a plan and section sketch of the zone, volume of zone.  **7.3 Details of heating and ventilation systems**  a) Heating, ventilation and air conditioning system: the type, capacity, and mode of ventilation.  b) Mechanical ventilation: the type, number, capacity, and locations of fans.  c) Natural ventilation: the type, dimensions, number and locations of doors, windows, openings, chimney flues, and other natural ventilation openings.  d) The type, number, size and location of exterior air inlet and outlet openings.  e) Leakage sites: any obvious sites or those that have been determined by such means as infrared thermography.  **7.4 Test conditions and apparatus**  a) Purpose of the test.  b) Test method: concentration decay, continuous dose, or constant concentration.  c) Distribution of tracer gas: the type of gas, method of injection, volume of initial injection, injection locations, initial concentration, metering or volume measurement system, injection rate, target concentration, and method of distribution.  d) Sampling of tracer gas: location of sampling sites, method of spatial testing, sampling interval, initial sampling time, method of sampling, and method of testing from dilution or contamination in the zone and sampling system.  e) Gas analyser: type of analyser and the date, method, and results of its calibration.  f) Data acquisition and control: the format for obtaining and recording date; for the constant concentration test method, report the type of equipment and algorithm used to control the process.  g) Ancillary measurements: the method used for obtaining indoor and outside temperatures, wind speed and direction, and other meteorological observations; height and location of wind measurements; and means used for measuring other phenomena, such as door or damper positions.  **7.5 Collected data and results**  a) Record of tracer gas injection: the time, place, and amount.  b) Record of tracer gas concentration: the time, location, and concentration of specimens obtained for the following tests: contamination, uniformity of concentration, equilibrium, and specific airflow.  c) Calculation of specific airflow: the type of calculation, time period for calculation, calculation of N or Qv from concentration and injection data.  NOTE When calculating the uncertainty, see Annex A.  d) Ancillary information: wind speed and direction, indoor and outside temperatures.  **7.6 Date of the test**  Test period with indoor and outside environmental conditions at start and finish.  **Annex A**  (normative)  **Confidence intervals**  **A.1 General**  This annex discusses the confidence levels and confidence intervals for the specific airflow rate determined by the multi-point decay method, which is a type of concentration decay method, the ventilation rate determined by the average concentration method, which is a type of continuous dose method, and the ventilation rate determined by the constant concentration method.  The accuracy of the ventilation rate obtained as a result is expressed using statistical procedures, i.e. ventilation rates are expressed within a range with a probability. The range is called the confidence interval and the probability is called the confidence level.  **A.2 Multi-point decay method**  The concentration resulting from ventilation may change with time, and the regression method is applied to analyse to what extent this can be explained by changes in time in the multi-point decay method. Using the following procedure, the level of confidence for the specific airflow rate, N, given as a constant value is expressed statistically. Details on the regression method are given in Reference [2].  The regression method applies each measured time, ti, as an independent variable, and concentration, C, as an induced variable, resulting in the specific airflow rate, N, calculated from the regression coefficient for the independent variable ti.  The predicted standard error, EN, for the regression coefficient corresponding to the specific airflow rate, N, is then calculated. The standard error is the square root of the variance of the mean of the values calculated (sample mean), i.e. it is the standard deviation of the sample mean and shows the mean variance.  Assuming errors in the regression equation are normally distributed, the standard error of the regression coefficient corresponding to the specific airflow rate, N, is found from Formula (A.1):  (A.1)  (A.2)  where  Yi is the measured value of loge Ci;  is the estimated value of loge Ci;  ti is the measurement time for each sample, in s or h;  is the average value of the measurement times, in s or h;  k is the number of samples.  s is a value adjusted by the degree of freedom k − 2 of the error in the regression equation for a population of measured sample, that is, the concentration error, when it is assumed to be normally distributed.  The variance in concentration for the population is not known beforehand, so it is substituted for that in which the variance in the measured values for the concentration, that is, the sample is divided by the degree of freedom k − 2. Two is subtracted because two degrees of freedom were used to calculate the two regression coefficients.  The confidence limit FN for the specific airflow rate, N, for a level of confidence of 100(1 − α) against the k units of the sample group is expressed as Formula (A.3) using a t-distribution table because the level of freedom of EN is k − 2.  Here, the t-distribution table (see Table A.1) is used because the sample size is not that large and EN is not a value directly calculated from the measured value.  (A.3)  where  t is the value obtained from a t-distribution table;  1 – α is the confidence level of N;  k is the number of samples. |

**Table A.1 – *t*-distribution table**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Freedom level** | *α* | | | | |
| 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| **1** | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,657 |
| **2** | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 |
| **3** | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 |
| **4** | 1,533 | 2,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 |
| **5** | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 |
| **6** | 1,440 | 1,943 | 2,447 | 3,143 | 3,707 |
| **7** | 1,415 | 1,895 | 2,365 | 2,998 | 3,499 |
| **8** | 1,397 | 1,860 | 2,306 | 2,896 | 3,355 |
| **9** | 1,383 | 1,833 | 2,262 | 2,821 | 3,250 |
| **10** | 1,372 | 1,812 | 2,228 | 2,764 | 3,169 |
| **15** | 1,341 | 1,753 | 2,131 | 2,602 | 2,947 |
| **20** | 1,325 | 1,725 2 | 2,086 | 2,528 | 2,845 |

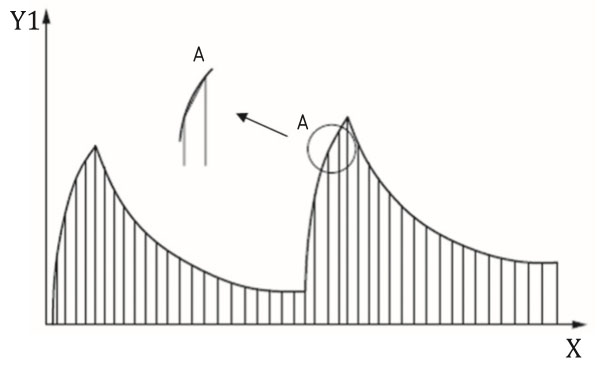
**A.1-р хүснэгт - t-хуваарилалтын хүснэгт**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Чөлөөний түвшин** | *α* | | | | |
| 0,1 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 |
| **1** | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,657 |
| **2** | 1,886 | 2,920 | 4,303 | 6,965 | 9,925 |
| **3** | 1,638 | 2,353 | 3,182 | 4,541 | 5,841 |
| **4** | 1,533 | 2,132 | 2,776 | 3,747 | 4,604 |
| **5** | 1,476 | 2,015 | 2,571 | 3,365 | 4,032 |
| **6** | 1,440 | 1,943 | 2,447 | 3,143 | 3,707 |
| **7** | 1,415 | 1,895 | 2,365 | 2,998 | 3,499 |
| **8** | 1,397 | 1,860 | 2,306 | 2,896 | 3,355 |
| **9** | 1,383 | 1,833 | 2,262 | 2,821 | 3,250 |
| **10** | 1,372 | 1,812 | 2,228 | 2,764 | 3,169 |
| **15** | 1,341 | 1,753 | 2,131 | 2,602 | 2,947 |
| **20** | 1,325 | 1,725 2 | 2,086 | 2,528 | 2,845 |

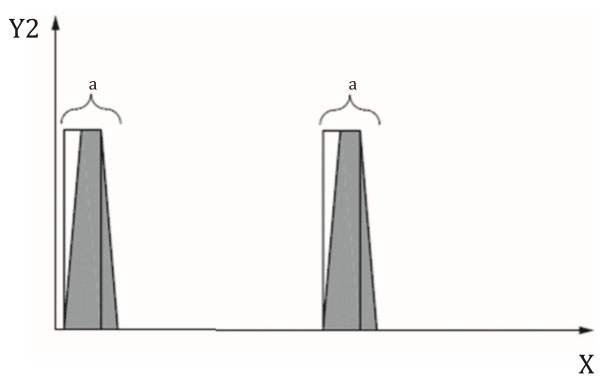
|  |  |
| --- | --- |
| **A.3 Дундаж концентрацийн арга**  Хэмжлийн хангалттай урт хугацаатай үед солилцуулах агаарын зарцуулалтад зориулан тооцоолсон тогтмол утгад үнэмшлийн статистик түвшнийг дараах горимоор үзүүлнэ. С концентрацийн хувьд таамагласан вариацыг эх олонлогийн вариац буюу голч вариацын үнэлгээ болох (A.4)-р томьёогоор тодорхойлно. Баруун талын хүртвэрийн хоёрдугаар элементийг бутархайн хэлбэрээр бичихдээ дундаж утгыг өөрчилсөн.  (A.4)  Үнэмшлийн түвшин жишээ нь, α = 0,05 бөгөөд 1 − α = 0,95 болно. t-хуваарилалтаар t(k − 1, 1 − α) утгад С концентрацийн дундаж утгад харьцуулсан С концентрацийн дээд болон доод хязгаарыг (A.5) болон (A.6)-р томьёогоор тооцоолно.  (A.5)  (A.6)  үүнд:  – концентрацийг хугацааны дунджаар авсан утга, м3/м3;  1–α – концентрацийг хугацааны дунджаар авсан утгын үнэмшлийн түвшин байна.  Хэрэв заагч хийн тогтвортой байдлыг тодорхойлсон бол заагч хийн ma хэмжээнд зориулсан вариацыг үл тооцож болно. Дараа нь солилцуулах агаарын Qv зарцуулалтад нийцэх утгуудыг (A.7) and (A.8)-р томьёогоор олно.  (A.7)  (A.8)  **A.4** **Тогтмол концентрацийн туршилтын арга**  Тооцоолол хийх үеийн хазайлт болон нарийвчлалыг заадаг, хэмжлийн хэрэгсэлд суурилуулсан заагчийг энэ горимд хэрэглэнэ. Тооцоолсон хазайлттай харьцуулж болох учраас Ctarget концентрацийг олно. (A.4)-р томьёог хэрэглэж, вариацыг тооцоолсноор С концентрацийн нарийвчлалыг үнэлэх боломжтой. Жишээ нь, α болон 1 – α хэмжигдэхүүнд үнэмшлийн түвшин 0,05 болон 0,95 байна. Түүврийн хэмжээ ерөнхийдөө их биш учраас С концентрацийн дундаж утга, мөн t(k − 1, 1 − α) утгад С концентрацийн дээд болон доод хязгаарыг (A.5), (A.6)-р томьёогоор (чөлөөний түвшин нь k–1 байх t-хуваарилалт хэрэглэсэн) тооцоолох хэрэгтэй.  t хугацааны агаарын концентраци нь t хугацаанд шахсан заагч хийн хэмжээнээс хамаарсан алгоритмийн дагуу солилцуулах агаарын Qv зарцуулалтын үнэмшлийн интервалын дүн шинжилгээг хийдэг.  **B хавсралт**  (норматив)  **Солилцуулах агаарын Qv зарцуулалт болон идэвхтэй холилдох бүсийн Vemz эзлэхүүнийг нэг зэрэг тооцоолох арга [3][4]**  **B.1 Ерөнхий зүйл**  Энэ аргыг тасалж өгөх тунгийн арга гэж нэрлэдэг ч заримдаа математикийн хувьд системийг тодорхойлох арга гэж нэрлэнэ. Солилцуулах агаарын зарцуулалт болон идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүнийг энэ аргад заагч хийн хэмжээний өөрчлөлт, хийн концентрацийн өөрчлөлтийг хэмжсэн утгаас хамгийн бага квадратын аргаар тооцоолдог. Дараах дэд зүйлийг хугацааны тодорхой үед солилцуулах агаарын урсгалын Qv зарцуулалт болон идэвхтэй холилдох бүсийн Vemz эзлэхүүн тогтмол байх нөхцөлд тайлбарласан.  **B.2 Тасалж өгөх тунгийн аргын давуу болон дутагдалтай тал**  a) Солилцуулах агаарын зарцуулалт болон идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүн гэсэн хоёр параметрийг нэг зэрэг тооцоолох боломжтой. Солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолохдоо таамагласан идэвхтэй холилдох бүс ашигласан аргыг хэрэглэх үед бодсон утга бүрмөсөн буруу байвал солилцуулах агаарын зарцуулалт нь бодит байдалд огт нийцэхгүй. Тиймээс тасалж өгөх тунгийн арга нь энэ эрсдэлээс зайлсхийх боломж олгодог.  b) Нийтлэг байдал: зөвхөн нэг өрөөтэй загварт төдийгүй олон өрөөтэй загварт тохируулан энэ аргыг хялбархан өргөтгөж болно. Хэрэглэж байгаа программ хангамж нь онолын хувьд нэлээд их нөөц бололцоог хэмнэнэ гэж үздэг.  c) Энэ нь статистикийн арга учраас төрөл бүрийн алдааны тааламжгүй нөлөөнд орохгүй. Түүнчлэн энэ аргыг тооцоолсон үр дүнгүүдийн алдааг үнэлэхэд хэрэглэдэг. Зарчмыг хамгийн бага квадратын аргад үндэслэсэн учраас утгад магадлалтай алдаа гарахгүй. Алдаа гарах одоогийн шалтгааныг бодит үзэгдэл болон B.1-р зурагт харуулсан математик загвар хоорондын ялгаагаар хянана. Гэхдээ алдааны бодит шалтгааныг тэгшитгэл дэх үлдэгдлээр алдаа шиг илэрхийлдэг. Энэ арга нь олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээ болон үлдэгдэл алдааны дүн шинжилгээтэй адил горим хэрэглэх тул алдааны шалтгааныг зөв үнэлэх боломж олгодог.  d) Хугацааны явцад солилцуулах агаарын зарцуулалт өөрчлөгдөхийг энэ аргаар ажиглах, мөн бодит үзэгдэл болон загвар хоорондын ялгааг тодорхойлох боломжтой. Солилцуулах агаарын зарцуулалтыг тооцоолохын тулд хэмжлийн үе нь хэдэн цаг байх шаардлагатай ч энэ үеийг аажмаар шилжүүлэх нь хөдөлгөөнт дунджийг тооцоолох үеийнхтэй адил аргаар хугацааны явцын өөрчлөлтийг тодорхойлох боломж олгодог. Хэрэв идэвхтэй холилдох бүсийн тооцоолсон эзлэхүүн болон өрөөний геометр багтаамжийн хооронд их ялгаа гарвал хийг хангалттай холиогүй, солилцуулах агаарын зарцуулалтад түргэн хугацааны өөрчлөлт гарах зэрэг асуудал үүссэн гэж үзэж болно.  e) Хий өгөхийг хянах, концентрацийг хэмжихэд харьцангуй нарийн бүтэцтэй тоног төхөөрөмж шаардагдана. Хийг тасалж тунлах, хийн зарцуулалтыг хэмжих, мөн концентрацийг байнга хэмжихэд тоног төхөөрөмж хэрэгтэй.  f) Хэмжсэн өгөгдлийн харьцангуй хэцүү дүн шинжилгээг хийх шаардлага гардаг. Хэмжсэн өгөгдлийн дүн шинжилгээг томьёо болон урвуу матрицаар нэг зэрэг боловсруулах шаардлагатай.  **B.3 Үндсэн тэгшитгэлийн загвар**  Үндсэн тэгшитгэлийн загварыг (9)-р томьёоноос үүсгэсэн дараах тэгшитгэлээс гаргана. Энэ томьёонд байгаа сорох агаарын CE концентраци нь агаар нэвчилт зэрэг хүчин зүйлийн улмаас ихэнхдээ тодорхойгүй байдаг. Хэрэв төлөвлөсөн бүсийн дундаж С концентраци нь сорох агаарын CE концентрацитай тэнцүү гэж үзвэл (B.1)-р томьёог бичнэ.  ТАЙЛБАР: (9)-р томьёоноос үүсгэсэн.  (B.1)  үүнд:  C0 – гадна орчны агаарт байгаа заагч хийн концентраци;  Vихб – идэвхтэй холилдох бүсийн эзлэхүүн;  Qv – солилцуулах агаарын зарцуулалт;  m – заагч хийн тун байна.  **B.4 Олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээг боловсруулах**  Олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээ хийдэг, одоо байгаа программыг хэрэглэх боломжтой аргаар тухайн дүн шинжилгээг боловсруулах хэрэгтэй. Vихб болон Qv параметрүүд мэдэгдэхгүй гэж таамаглан, харин заагч хийн m тун тодорхой гэж үзээд томьёоны зүүн талд m гишүүнийг гаргаж, үл мэдэгдэх гишүүдийг тооцоолохын тулд баруун талд гаргана.  (B.2)  Энд нийцүүлсэн олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээнд регрессийн тэгшитгэлийг нийтлэг хэрэглэдэг тэмдэглэгээгээр тайлбарлана. Тооцоолсон хувьсагч гэж нэрлэсэн хэмжигдэхүүн (y гэж тодорхойлсон), мөн x1 болон x2 гэж илэрхийлж, тодорхойлсон хоёр хувьсагчтай бол эдгээрт хамаарах регрессийн коэффициентыг a1 болон a2 гэж тодорхойлдог. Түүнчлэн a0 гэж тооцсон тогтмол гишүүнийг 0 гэж үзэж болно.  (B.3)  (B.2) болон (B.3)-р томьёог харьцуулахад −m нь y гишүүнд, −Vemz нь a1 коэффициентэд, Qv нь a2 коэффициентэд тус тус нийцнэ. Түүнээс гадна –dC/dt гишүүн нь тодорхойлсон x1 хувьсагчид нийцэх ч (C0 − C) нь x2 хувьсагчид нийцдэг. Олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээнд тодорхойлсон олон хувьсагч, мөн янз бүрийн нөхцөлд хэмжсэн эсвэл ажигласан утгуудаар хувьсагчдад нийцэх, тооцоолсон хувьсагчдын олонлогийг олох шаардлагатай.  **B.5 Олон хүчин зүйлийн регрессийн хувьсагчдын загварыг тооцоолох арга**  Хугацааны тэнхлэгийн дагуух урт үед тасралтгүй хэмжил хийх аргаар олон хүчин зүйлийн регрессийн загвар, мөн загваруудад нийцэхээр тооцоолсон хувьсагчдын олонлогт тодорхойлсон олон хувьсагчийг олох боломжтой. Энэ урт Т үеийг богино хугацааны Δt үед хувааж, Δt интервал бүрээс тодорхойлсон хувьсагчид болон нийцэхээр тооцоолсон хувьсагчдын олонлогийг үүсгэнэ. Их өөрчлөлттэй тодорхойлсон хувьсагчид, тэдгээрт нийцэхээр тооцоолсон хувьсагчид бүхий тодорхойлсон хувьсагчдыг олохын тулд хийн концентрацид өөрчлөлт үүсгэх хэмжээнд заагч хийн тунг өөрчилнө.  Гэхдээ өнгөрсөн эгшин бүрд үүсмэл хугацаа хэрэглэсэн үед сөрөг нөлөө нь хэмжих хэрэгсэл болон багахан өөрчлөлтөд алдааны үр дүн шиг гардаг учраас нэгтгэсэн хэлбэрийг хэрэглэнэ. (B.4)-р томьёог гаргахын тулд (B.2)-р томьёог түр хугацааны (k – 1)Δt орон зайнаас Δt интервал хүртэл нэгтгэсэн.  (B.4)  Томьёоны баруун талын гишүүний нэгдүгээр тооны интеграл нь түр хугацааны (k – 1)Δt орон зайнаас kΔt хүртэлх концентрацийн өсөлт болно. Үлдсэн хоёр тооны интегралаар Δt хугацааны интервал доторх талбайг тооцоолдог. Олон тооны хэмжилд нэг минут орчим хугацааг Δt хугацааны интервалд хэрэглэнэ. Ихэнх тохиолдолд энэ үеийн туршид гарах түр хугацааны өөрчлөлт нь шугаман интерполяцитай төстэй болно. Эсрэгээрээ алдааг шугаман интерполяцийн хувьд нэмэгдүүлэхгүй байх хэмжээнд хүртэл хугацааны тасалдлыг үүсгэх шаардлагатай. (B.4)-р томьёоны тоо бүрийн шугаман интерполяциас ойролцоо интегралыг smk, bCk, болон sCk тоогоор тодорхойлно.  (B.5)  (B.6)  (B.7)  Эндээс (B.4)-р томьёог (B.8)-р томьёонд хувиргаж болно.  (B.8)  Хэрэв (B.8)-р томьёог (B.3)-р томьёоны олон хүчин зүйлийн регрессийн тэгшитгэлд харьцуулвал олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээ хийдэг, одоо байгаа программыг хэрэглэхийн тулд хувьсагч тус бүрийг тооцоолох арга ойлгомжтой болох юм.  **B.6 Олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээний тооцоо хийдэг, одоо байгаа программыг хэрэглэдэг арга**  (B.8)-р томьёоны хувьд түр хугацааны k = 1 орон зайнаас nt хүртэл хэмжсэн өгөгдлийн nt нэгжийн нэгдлийг гаргасан бөгөөд энэ нэгдлийг матрицын эгнээнд оруулахад үр дүн нь (B.9)-р томьёо болно.  (B.9)  Ердийн олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээнд тэмдэглэснээр энэ утгыг (B.10)-р томьёогоор илэрхийлнэ.  (B.10)  Энд А параметрийн агуулга нь t[Vихб, Qv] болно. Түүнчлэн А параметрийн ажлын томьёо нь (B.11)-р томьёо болно.  (B.11)  Олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээ хийдэг, одоо байгаа программаар тооцоог гүйцэтгэж байгаа учраас энэ тооцоо болон алдааны дүн шинжилгээнд зориулан, тооцооны тусгай программ зохиох шаардлагагүй. Гэхдээ жишээ нь, хүснэгтэн тооцоолол хэрэглэж, (B.5)-(B.7)-р томьёогоор тооцоолсон, хувьсагч бүрийг бэлтгэх хэрэгтэй. Түүнчлэн Vихб and Qv хэмжигдэхүүний үнэлгээнд үндэслэсэн, (B.1)-р томьёогоор тооцоолсон үлдэгдлийн дүн шинжилгээний тэгшитгэлийг хэрэглэж, B.2-р зурагт харуулснаар нарийвчлалыг дүгнэх боломжтой. | **A.3 Average concentration method**  The following procedure shows the statistical level of confidence in the calculated constant value for ventilation rate for sufficiently long measuring time. The predicted variance for concentration C is determined using Formula (A.4) as the estimate of the population variance, i.e. the unbiased variance. Here, the second item in the numerator on the right is organized in the form of a fraction in which mean has been altered.  (A.4)  The confidence level is, for example, α = 0,05 and 1 − α = 0,95. By t-distribution, the upper and lower limits of C in relation to the mean of C in t(k − 1, 1 − α) are calculated using Formulae (A.5) and (A.6).  (A.5)  (A.6)  where  is the time-averaged value of the concentration, in m3/m3;  1 − α is the confidence level of .  If the equilibrium tracer gas concentration is known and it is assumed the variance for tracer gas dose ma can be ignored, then the values corresponding to Qv can be found using Formulae (A.7) and (A.8).  (A.7)  (A.8)  **A.4 Constant concentration test method**  This procedure has built-in indicators of bias and precision when performing calculations. Ctarget is sought, so this value may be compared with C to calculate bias. The precision of C may be estimated by calculating the estimate of variance using Formula (A.4).  Confidence levels at α and 1 − α is 0,05 and 0,95, for example. Because the sample size is in general not that large, the mean value of C and the upper and lower limits for C in t (k – 1, 1 – α) should be calculated using Formulae (A.5) and (A.6), using t-distribution where the level of freedom is k – 1.  Analysis of the confidence interval for Qv is performed in accordance with the algorithm that relates C(t) to m(t).  **Annex B**  (normative)  **Method to estimate ventilation rate Qv and effective mixed zone volume Vemz simultaneously [3][4]**  **B.1 General**  This method is named the intermittent dose method but is sometimes called a system identification method from the mathematical point of view. In this method, the ventilation rate and effective mixed zone volume are estimated by the least square method from the measured values of tracer gas dose changes and gas concentration changes. The following subclauses explains under the condition that the ventilation flow rate Qv and effective mixed zone volume Vemz are constant in certain periods.  **B.2 Advantages and disadvantages of the intermittent dose method**  a) Two parameters, ventilation rate and effective mixed zone volume, can be simultaneously estimated. When using a method employing an assumed effective mixed zone volume to estimate the ventilation rate, if the assumed value is completely wrong, then the ventilation rate may also be completely off the mark. The intermittent method therefore avoids this risk.  b) Universality: this method can be expanded easily to suit not only a single room model but also a multiple room one. By consistency of theory, the software used is the same thereby saving considerable resources.  c) This is a statistical method so it is robust to the ill effects of different types of error and the method can be rationally used to evaluate errors in estimated results. The principle relies on the least square method so it is robust to probable errors in value. The actual cause of the error is controlled by a difference between the actual phenomenon and the mathematical model as shown in Figure B.1, but this is also expressed as a residual error in the equation. The present method uses multiple regression analysis and a similar residual error analysis procedure, thereby enabling a proper evaluation by such error cause.  d) It is possible to also follow changes over time in ventilation rate, etc. and to determine differences between the actual phenomenon and the model. A measuring period over several hours is required for obtaining an estimate for the ventilation rate, etc., but shifting this period gradually would enable the determination of the changes over time in the same way as when the moving average is calculated. If there is a large difference between the estimated effective mixed zone volume and the geometrical room capacity, then it could be assumed that problems have arisen, such as insufficient gas mixing and rapid time changes in the ventilation rate.  e) Comparatively, elaborate equipment is required for gas supply control and concentration measurements. Equipment is required for gas intermittent dose and supply flow measuring and continuous concentration measuring.  f) Comparatively, intricate measured data analysis is required. Measured data analysis that works out simultaneous formulae and inverse matrices is required.  **B.3 Basic equation model**  The basic equation model arises from the following equation reproduced from Formula (9). The exhaust concentration CE in this equation is generally unclear due to exfiltration, etc. Assuming the mean concentration C of the target zone is CE = C, Formula (B.1) is established.  NOTE Reproduced from Formula (9).  (B.1)  where  C0 is the tracer gas concentration in the outdoor air;  Vemz is the effective mixed zone volume;  Qv is the ventilation rate;  m is the tracer gas dose.  **B.4 Formulation of multiple regression analysis**  Formulation should be conducted to enable the use of an existing multiple regression analysis program. Assuming the Vemz and Qv parameters are not known and the tracer gas dose m is known, the tracer gas dose is moved to the left, and the unknown member for calculation is moved to the right.  (B.2)  The regression equation in the multiple regression analysis corresponding to this is described by a commonly used symbol. With the so-called target variable defined as y and the two explained variables expressed as x1 and x2, the regression coefficients related to these are defined as a1 and a2. Normally, the constant member a0 introduced may be regarded as 0.  (B.3)  Formulae (B.2) and (B.3) are compared. −m corresponds to y, −Vemz corresponds to a1, and Qv corresponds to a2. –dC/dt corresponds to the explained variable x1, but (C0 − C) corresponds to x2. In the multiple regression analysis, it is necessary to obtain many of the explained variables and the target variable sets that correspond to them as measured or observed values under various conditions.  **B.5 Method of calculating multiple regression model variables**  Obtaining many explained variables in the multiple regression model and their corresponding target variable sets can be achieved by continuous measuring over a long period along the time axis. This long period T is divided by the Δt short time interval, and the explained variables and corresponding target variable sets are created from each Δt interval. In order to obtain explained variables with big changes and their corresponding target variables, the tracer gas dose is changed to create a change in the gas concentration.  However, using a derivative term with each passing moment, a negative influence is apt to occur as a result of errors in the measuring instruments and minute changes, so an integrated form is used. Formula (B.2) is integrated from temporal spatial (k – 1)Δt to Δt to obtain Formula (B.4).  (B.4)  The integral of the first item in the right member is an increment of the concentration from (k – 1)Δt to kΔt. The integrals of the other two items calculate the area within the interval of Δt. About one minute is used for Δt in a large number of measurements. Most of the time the temporal changes during this period may approximate a linear interpolation. In contrast, it is necessary to work out the time gaps to the extent that errors are not exacerbated even with linear interpolation. The approximate integrals from linear interpolation in each item in Formula (B.4) are defined by smk, bCk, and sCk.  (B.5)  (B.6)  (B.7)  From this, Formula (B.4) can be re-written into Formula (B.8):  (B.8)  If Formula (B.8) is compared to the multiple regression equation of Formula (B.3), the method for calculating each variable in order to apply the existing multiple regression analysis program becomes evident.  **B.6 Method using an existing multiple regression analysis calculation program**  For Formula (B.8), if a combination of nt units of measured data from temporal spatial k = 1 to nt is obtained and arranged in a matrix row, Formula (B.9) is the result:  (B.9)  By notation in a normal multiple regression analysis, this is expressed as Formula (B.10):  (B.10)  Here, the content of A in particular is t[Vemz, Qv]. Also, the working formula of parameter A becomes Formula (B.11):  (B.11)  A special calculation program does not need to be created for this calculation and error analysis because the existing multiple regression analysis program is performed. However, it is necessary to prepare each variable calculated by Formulae (B.5) to (B.7) using a spread sheet, for example. Also, as shown in Figure B.2, accuracy can be estimated using equation residual analysis that is calculated using Formula (B.1) from the estimated Vemz and Qv. |

**Figure B.1 – Time interval segmentation for obtaining multiple regression analysis variables**

1. **Response of concentration**



1. **Dosing of the tracer gas**

****

**Key**

X elapsed time

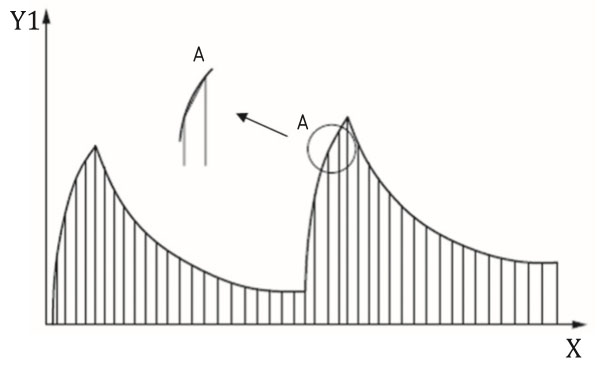
Y1 concentration

Y2 gas infusion flow rate

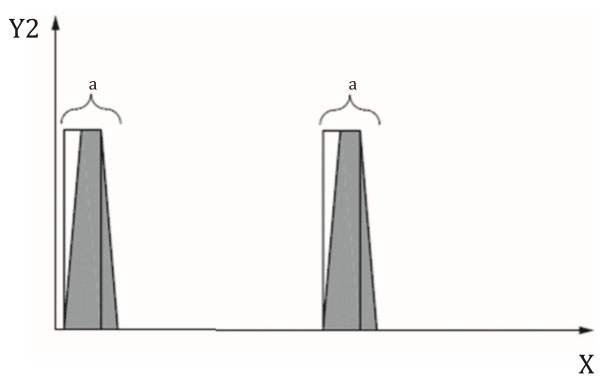
A time interval segmentation using linearly interpolated approximation

a The areas of the original rectangle and approximated trapezium are the same.

**B.1-р зураг – Олон хүчин зүйлийн регрессийн дүн шинжилгээний хувьсагчдыг олох хугацааны интервалын сегментчилэл**



1. **Концентрацийн хариу үйлчлэл**



1. **Заагч хийн хэмжээ**

**Түлхүүр үг**

X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа

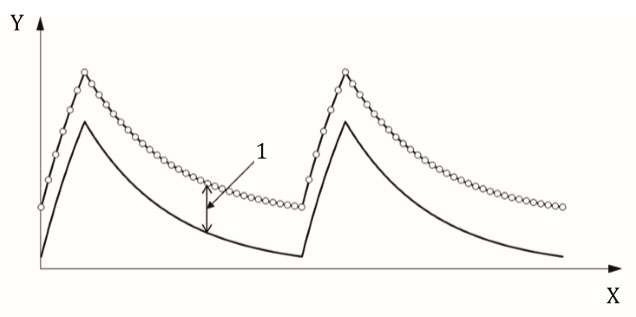
Y1 – концентраци,

Y2 – хийн урсгалын зарцуулалт

A – шугаман интерполяцийн ойролцоо утгыг хэрэглэж, хугацааны интервалыг хуваасан сегментчилэл

a – эхний тэгш өнцөгт болон тоймлон зурсан трапецийн талбай адилхан байна.

**Figure B.2 — Ga****s concentration changes and their differences**



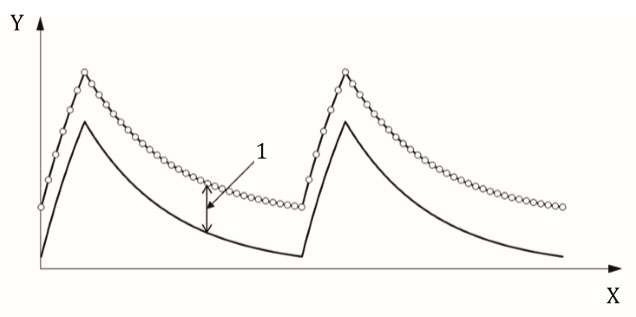
**Key**

1 difference between predicted and measured

X elapsed time

Y concentration

**B.2-р зураг – Хийн концентрацийн өөрчлөлт, тэдгээрийн ялгаа**



**Түлхүүр үг**

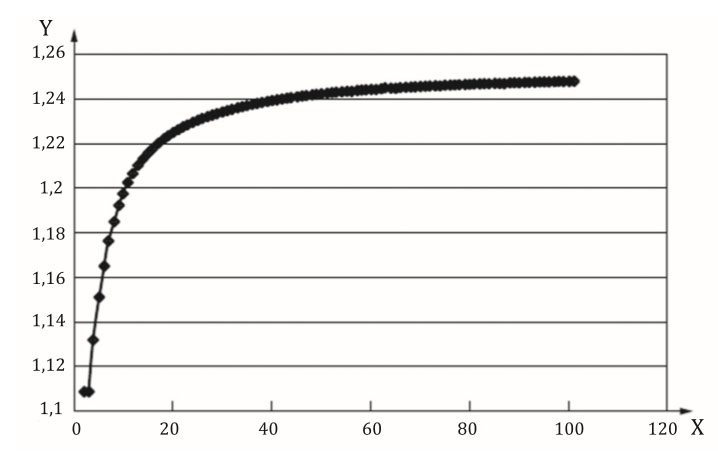
1 – таамагласан болон хэмжсэн концентрацийн зөрүү

X – хэмжилд зарцуулсан хугацаа

Y – концентраци

|  |  |
| --- | --- |
| **C хавсралт**  (мэдээллийн)  **Том орон зайн солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжих үед анхаарах зүйл**  Концентрацийг бууруулах аргаар том орон зайн солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжих үед хэмжлийн эхнээс концентрацийг нэгэн жигд байлгах нь чухал байдаг. Концентрацийг нэгэн жигд байлгах боломж олгодог зарим үр дүнтэй аргыг дурдвал:  a) концентрацийг урьдчилан нэмэгдүүлэх аргыг урьдаас бэлдэх;  b) гадна орчноос агаар оруулахгүйгээр зөвхөн дахин сэлгэлтийн агаарын солилцоо хийх үед хийг хуваарилах;  c) агаарын кондиционерийг ажиллуулах үед хийг хуваарилах;  d) шалны халаагчийг ажиллуулах үед хийг хуваарилах;  e) аль болохоор олон өрөөнд хийг тохиромжтой хэмжээгээр хуваарилах;  f) хийг сэлгэхийн тулд аль болох олон нэмэлт сэнс суурилуулах нь орно.  **D хавсралт**  (мэдээллийн)  **Барилгын дотор болон гадна орчны температурын ялгаа, температурын өөрчлөлт болон хэмжлийн үеийн туршид гадна орчны агаарын концентрацийн өөрчлөлт нөлөөлөх**  **D.1 Тусдаа бүс дэх заагч хийн температур болон концентраци нэгэн жигд байх**  Тусдаа бүс дэх заагч хийн температур болон концентрацийг холих сэнсний тусламжтайгаар нэгэн жигд барих боломжтой. Ийм нөхцөлд заагч хийн жинг хадгалахын тулд (D.1)-р томьёогоор тооцоо хийнэ.  ТАЙЛБАР: Тусдаа бүсэд хийн температур нэгэн жигд байх учраас сорох агаарын температур нь бүсийн агаарын температуртай тэнцүү байна.  (D.1)  үүнд:  tρi – тусдаа бүс дэх заагч хийн нягт, кг/м3;  tρ0 – гадна орчинд байх заагч хийн нягт, кг/м3;  tρ – заагч хийг шахах үеийн заагч хийн нягт, кг/м3;  K - тусдаа бүс дэх заагч хийн эзлэхүүний концентраци, м3/м3;  K0 – гадна орчинд байх заагч хийн эзлэхүүний концентраци, м3/м3;  m' – заагч хийн тун, м3/ц;  Q0i – гадна орчноос тусдаа бүс рүү солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц;  Qi0 - тусдаа бүсээс гадна орчин руу солилцуулах агаарын зарцуулалт, м3/ц нэгжтэй.  Заагч хийн хувьд Идеал хийн хуулиар (D.1)-р томьёог (D.2)-р томьёогоор сольж болно.  (D.2)  үүнд:  Ti – тусдаа бүс дэх агаарын температур, Кельвиний хэм (K);  To – гадна орчны агаарын температур, Кельвиний хэм (K);  Т – заагч хийг өгөх температур, Кельвиний хэм (K) нэгжтэй.  (D.2)-р томьёоны зүүн талыг өргөтгөж болох бөгөөд (D.3)-р томьёог бичвэл:  (D.3)  Тусдаа бүс дэх агаарын жинг хадгалах тэгшитгэлийг (D.4)-р томьёогоор бичсэн.  (D.4)  үүнд:  ρi – тусдаа бүс дэх агаарын нягт, кг/м3;  ρ0 – гадна орчны агаарын нягт, кг/м3 нэгжтэй.  Идеал хийн хуулийн ойлголтыг дахиад хэрэглэж, (D.4)-р томьёог (D.5)-р томьёогоор солих боломжтой.  (D.5)  (D.5)-р томьёоны зүүн талыг өргөтгөж болох бөгөөд (D.6)-р томьёог бичвэл:  (D.6)  (D.5) болон (D.6)-р томьёог нэгтгэж, (D.7)-р томьёог бичвэл:  (D.7)  (D.2), (D.3) болон (D.7)-р томьёоноос (D.8)-р томьёог гаргасан.  (D.8)  m, Q, C болон dC хэмжигдэхүүнийг (D.9), (D.10), (D.11) болон (D.12)-р томьёогоор тодорхойлсон гэж үзвэл:  (D.9)  (D.10)    (D.11)  (D12)  Дараа нь (D.8)-р томьёог (D.13)-р томьёогоор илэрхийлэх боломжтой.  (D.13)  Заагч хийн эзлэхүүний тунгийн хувьд бүсийн эквивалент температурыг (D.9)-р томьёогоор, гадна орчноос тусдаа бүс рүү солилцуулах агаарын зарцуулалтын хувьд эквивалент температурыг (D.10)-р томьёогоор илэрхийлсэн. Харин (D.13)-р томьёо нь (9) болон (17)-р томьёоны үндсэн хэсэгт нийцэх бөгөөд m = 0 үед (1)-р томьёотой адил байна.  Тиймээс хэрэв тусдаа бүсэд агаарын температур болон заагч хийн концентраци нэгэн жигд байвал энэ нөхцөлд зориулсан солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжих аргыг дээр дурдсан, томьёоны хувиргалтыг ашиглан хэрэглэх боломжтой. Хэмжлийн үеийн туршид тусдаа бүс болон гадна орчинд агаарын температур өөрчлөгдсөн үед ч энэ аргыг хэрэглэж болно. Хэмжсэн солилцуулах агаарын зарцуулалт нь (D.10)-р томьёоны утга эсвэл (D.10)-р томьёоны утгад суурилсан агаарын хувийн зардлын утга болно.  Хэмжлийн аргуудыг хэрэглэхийн тулд (D.12)-р томьёог тохируулах хэрэгтэй. Тиймээс хэмжлийн үеийн туршид гадна орчны агаарт байх заагч хийн концентрацийг тусдаа бүс дэх заагч хийн концентрацийн өөрчлөлттэй харьцуулахад нэлээд бага хэмжээнд өөрчлөх шаардлага гарч болно.  **D.2 Тусдаа бүс дэх заагч хийн температур болон концентраци нэгэн жигд бус байх**  Тусдаа бүс дэх заагч хийн температур болон концентраци нэгэн жигд бус үед заагч хийн жинг хадгалах тооцоо хийх томьёог (D.14)-р томьёогоор харуулсан.  (D.14)  үүнд:  Mхий – тусдаа бүс дэх заагч хийн жин, кг;  ρe – сорох агаарт байх заагч хийн нягт, кг/м3;  Ke - сорох агаарт байх заагч хийн эзлэхүүний концентраци, м3/м3 нэгжтэй.  Идеал хийн хуулийн ойлголтыг хэрэглэж, (D.14)-р томьёог (D.15)-р томьёогоор сольж болно.  (D.15)  үүнд:  Te – сорох агаарын үнэмлэхүй температур, Кельвиний хэм (K) нэгжтэй.  Хэмжлийн үеийн туршид тусдаа бүсийн агаарын температурыг өөрчлөхгүй бол өрөөний агаарын жинг хадгалах тооцоо хийх томьёог (D.16)-р томьёогоор харуулсан.  (D.16)  Идеал хийн хуулийн ойлголтын дагуу (D.16)-р томьёог (D.17)-р томьёогоор солих боломжтой.  (D.17)  (D.15)-р томьёонд (D.17)-р томьёог орлуулж бичин, (D.18)-р томьёог олно.  (D.18)  m, Q болон CЕ хэмжигдэхүүнийг (D.19), (D.20) болон (D.21)-р томьёогоор тодорхойлж болно.  (D.19)  (D.20)  (D.21)  Дараа нь (D.18)-р томьёог (D.22)-р томьёогоор илэрхийлэх боломжтой.  (D.22)  (D.22)-р томьёоны зүүн талд байгаа хаалтгүй хэсэг нь сорох агаарын нягтад хувиргасан заагч хийн эзлэхүүн болно. (D.19)-р томьёо нь заагч хийн эзлэхүүний тунгийн хувьд сорох агаарын эквивалент температурыг илэрхийлсэн. (D.20)-р томьёо нь гадна орчноос тусдаа бүс рүү солилцуулах агаарын зарцуулалтын хувьд бүс дэх эквивалент температурыг илэрхийлнэ. Ийм хувиргалтууд хийсэн бол (D.22)-р томьёо нь (9) болон (17)-р томьёонд нийцэх бөгөөд m = 0 бол (1)-р томьёонд нийцнэ.  Тиймээс хэмжлийн үеийн туршид тусдаа бүс дэх агаарын температурыг өөрчлөөгүй бол энэ нөхцөлд зориулан, тусдаа бүс дэх агаарын температур болон концентраци нэгэн жигд биш байхад ч солилцуулах агаарын зарцуулалтыг хэмжих энэ аргыг хэрэглэх боломжтой. Хэмжсэн солилцуулах агаарын зарцуулалт нь (D.20)-р томьёоны утга эсвэл (D.20)-р томьёоны утгад суурилсан агаарын хувийн зардлын утга болно.  Агаарын хувийн зардлын утгыг (7)-р томьёогоор олсон, хэрэв тусдаа бүсийн агаарын дундаж температур болон сорох агаарын температур хоорондын Te зөрүүг үл тооцох боломжгүй бол энэ нь сорох агаарын температурт хувиргасан агаарын хувийн зардал биш байх магадлалтай гэдгийг тэмдэглэх хэрэгтэй. Ийм тохиолдолд тусдаа бүсийн агаар дундаж температуртай үеийн агаарын хувийн зардлыг хэмждэг.  Гадна орчинд байх заагч хийн концентрацийн өөрчлөлтийн хувьд хэрэв сорох агаарын концентрацийг бууруулах арга болон нарийвчлалтай хэмжих аргыг хэрэглэсэн бол хангалттай хугацаанд хэмжил хийсэн үед (D.21)-р томьёогоор олох утга нь үл тооцож болохоор маш бага байх хэрэгтэй.  **E хавсралт**  (мэдээллийн)  **Концентрацийг хоёр эгшинд болон олон эгшинд бууруулах аргыг тооцоолж, алдааг багасгах арга**  **E.1 Ерөнхий зүйл**  Концентрацийг хоёр эгшинд болон олон эгшинд бууруулах аргад үндэслэсэн, агаарын хувийн зардлын тооцооны алдаа нь зөвхөн концентрацийг хэмжихэд гарсан алдаа төдийгүй олон эгшинд бууруулах аргын хувьд солилцуулах агаарын зарцуулалтын өөрчлөлт, тусдаа бүс дэх агаарын нэгэн жигд биш концентраци, мөн зэргэлдээх бүсүүдийн харилцан үйлчлэл зэрэг тухайн загварын бодит урьдчилсан нөхцөлүүдийн нийлэмжгүй байдлаас ихээхэн шалтгаалдаг. Гэхдээ зөвхөн концентрацийг хэмжихэд гарсан алдааг авч үзвэл алдааны вариац, агаарын хувийн зардлын алдаанаас алдааны тархалтын томьёог тодорхойлох боломжтой.  Агаарын хувийн зардлын алдааг багасгах тэгшитгэлийг бичсэнээр агаарын хувийн зардал, концентрацийг бууруулах оновчтой хугацаа болон хэмжлийн эгшнүүдийн тоо хоорондын хамаарлыг харуулсан муруйг зурж болно. Концентрацийг бууруулах оновчтой хугацааг муруйгаас хамааруулан тодорхойлдог.  **E.2 Агаарын хувийн зардлыг хамгийн бага квадратын аргаар тооцоолох**  Агаарын хувийн зардлыг хэмжих үед концентрацийг бууруулах туршилтын үйл явцаас дүгнэсэн аналитик шийдэл нь агаарын урсгал тогтмол нөхцөлд эхний хугацааг t1 = 0, хэмжилд зарцуулсан хугацааг tj гэж аваад, (E.1)-р томьёог хэрэглэх явдал юм.  (E.1)  үүнд:  N – агаарын хувийн зардлын тооцоолсон утга,  C(tj) – tj хугацаанд хэмжсэн хийн концентраци болно. Тэгшитгэлийн ej алдааг (E.2)-р томьёогоор тодорхойлдог. (E.3)-р томьёонд бичсэн yj, Zj болон нь хамгийн бага квадратын аргаар бодох матрицын тэмдэглэгээг илэрхийлнэ.  (E.2)  N болон эхний концентрацийн логарифмыг багтаасан векторыг (E.3)-р томьёог хэрэглэсэн, хамгийн бага квадратын аргаар тооцоолдог. Хэмжлийн хугацаанд хэмжсэн эгшний нийт np тоо нь j утга 1 байх үед эхний концентрацийг заах бөгөөд np тоо нь хоёроос их утгатай байна.  (E.3)  (E.3)-р томьёогоор хийсэн тооцооны үр дүн нь (E.4)-р томьёонд заасан, агаарын хувийн зардлын тооцоолсон утга болно.  (E.4)  Ихэнх тохиолдолд tj хугацааг Δt интервалд хэмжих бөгөөд tj хугацаа нь (j − 1)Δt утгатай тэнцүү байна. Энэ тохиолдолд томьёог харьцангуй хялбар хэлбэрээр бичих боломжтой. Т хугацааг концентрацийг бүрэн бууруулах (np − 1)Δt үе шиг тодорхойлно.  (E.5)  **E.3 Концентрацийг хэмжихэд гарсан алдааны нөлөөг багасгах концентраци бууралтын үе**  Хийн концентрацийг хэмжихэд гарсан алдааны σ2C вариац нь хэрэглэж байгаа тоног төхөөрөмжөөс хамаарах учраас ихэнхдээ тооцоолох боломжтой. Хэмжлийн алдааны вариацын тархалтыг агаарын хувийн зардлын тооцоолсон утгын mσ2N вариацад тооцоолоход (E.6)-р томьёог хэрэглэнэ.  (E.6)  (E.5)-р томьёоны дифференциалыг tj эгшинд хэмжсэн хийн C(tj) концентрациар авч, (E.7)-р томьёог бичсэн.  (E.7)  Концентрацийг бууруулах загварын бүтцэд өөрчлөлт гарахгүй гэж энэ дэд зүйлд авч үзсэн учраас (E.8)-р томьёог гаргаж авсан.  (E.8)  (E.7) болон (E.8)-р томьёог хэрэглэж, (E.6) томьёог (E.9)-р томьёонд хувиргасан.  (E.9)  Энэ дэд зүйлийн зорилго нь концентрацийг бууруулах Т хугацаанд хамааруулан, агаарын хувийн зардлын хувьд тооцоолсон алдааны вариацыг багасгах явдал юм. Т хугацаагаар авсан mσn2 вариацын дифференциалыг 0-тэй тэнцүүлж, дараагийн функцийг үүсгэнэ.  (E.10)    NT үржвэрийн хувьд (E.10)-р томьёо нь (E.11)-р томьёонд шугаман бус үр дүнтэй болно.  (E.11)    Хэмжлийн хугацаанд хэмжсэн эгшний np тооноос шалтгаалж, (E.11)-р томьёо өөрчлөгдөнө. Дараа нь NT үржвэрийн оновчтой утгыг хоёр эгшнээс эхлэн ойролцоогоор 100 эгшин хүртэл тодорхойлсон. Шугаман бус томьёог бодохын тулд Ньютоны аргыг хэрэглэх бөгөөд үр дүнд нь NT үржвэрт зориулсан дифференциал функцийг ашигласан.  Залруулах δNT утгыг NT үржвэрт нэмсэн бол Тейлорын цувралын өсөлтөөр нэгдүгээр гишүүнийг ойролцоо утгаар авсан бодолтыг (E.12)-р томьёогоор тайлбарласан. Энэ нь бодолтын угтвар нөхцөлийн рекурс томьёо болно.  (E.12)  Эхний утга нь 1-ээс арай их байна. Алдааг багасгах NTm тогтмолын оновчтой утгыг гарган авсан муруйг E.1-р зурагт харуулав. | **Annex C**  (informative)  **Considerations when measuring the ventilation rate of large spaces**  When the ventilation rate of large spaces is measured using the step down method, it is important to make the concentration within the space uniform from the start. The following are some effective methods to make concentration uniform:  a) conduct the step up method beforehand;  b) distribute gas when only the recirculation air is circulated without intake of outdoor air;  c) distribute the gas when the air conditioner is operated;  d) distribute gas when the floor heater is operated;  e) distribute a suitable amount of the gas from as many places as possible;  f) establish as many ancillary fans as possible to circulate the gas.  **Annex D**  (informative)  **Effects of internal and external temperature difference, temperature change, and outdoor air concentration change during the measurement period**  **D.1 When temperature and tracer gas concentration in a single zone are homogeneous**  Temperature and tracer gas concentration in a single zone can be maintained homogeneous by the use of mixing fans, then Formula (D.1) for the conservation of the mass of tracer gas is applied.  NOTE Temperature in a zone is homogeneous, so the exhaust temperature is equal to the temperature in the zone.  (D.1)  where  tρi is the density of tracer gas in the zone, in kg/m3;  tρ0 is the density of tracer gas in the outdoor air, in kg/m3;  tρ is the density of tracer gas during tracer gas injection, in kg/m3;  K is the volume concentration of tracer gas in the zone, in m3/m3;  K0 is the volume concentration of tracer gas at outdoor air, in m3/m3;  m' is the tracer gas dose, in m3/h;  Q0i is the ventilation rate from the outside to the zone, in m3/h;  Qi0 is the ventilation rate from the zone to the outside, in m3/h.  Formula (D.1) can be replaced by Formula (D.2) using the Ideal Gas Law for the tracer gas:  (D.2)  where  Ti is the temperature in the zone, in Kelvin (K);  To is the outside temperature, in Kelvin (K);  T is the tracer gas supply temperature, in Kelvin (K).  The left-hand side of Formula (D.2) can be expanded and results in Formula (D.3):  (D.3)  The conservation equation of air mass of the zone is shown in Formula (D.4):  (D.4)  where  ρi is the density of air in the zone, in kg/m3;  ρ0 is air density of air in the outdoor air, in kg/m3.  Using again the Ideal Gas Law assumption, Formula (D.4) can be replaced by Formula (D.5):  (D.5)  The left-hand side of Formula (D.5) can be expanded and results in Formula (D.6):  (D.6)  Combining Formulae (D.5) and (D.6), Formula (D.7) is obtained:  (D.7)  Formula (D.8) is obtained using Formulae (D.2), (D.3), and (D.7):  (D.8)  Suppose m, Q, C and dC are defined in Formulae (D.9), (D.10), (D.11) and (D.12):  (D.9)  (D.10)    (D.11)  (D12)  Then, Formula (D.8) can be expressed as Formula (D.13):  (D.13)  Formula (D.9) represents the zone temperature equivalent for the volume dose of tracer gas and Formula (D.10) represents the zone temperature equivalent for the ventilation rate from the outside to the zone. Formula (D.13) corresponds to the main body in Formulae (9) and (17) and is equivalent to Formula (1) if m = 0.  Therefore, if temperature and tracer gas concentration in the zone are homogeneous, the ventilation rate measurement method for this condition can be applied using the above conversions, even when the temperature in the zone and the outside are changed during the period of measurement. The measured ventilation rate is the value in Formula (D.10) or the specific airflow rate based on the value in Formula (D.10).  The setup of Formula (D.12) is required to apply measurement methods, so the change of tracer gas concentration of outdoor air during the measurement period may need to be sufficiently low in respect of the change of tracer concentration in the zone.  **D.2 When temperature and tracer gas concentration in a single zone are not homogeneous**  Formula (D.14) shows the formula for the conservation of the mass of tracer gas when concentration and temperature in a zone are not homogenous:  (D.14)  where  Mgas is the mass of the tracer gas in the zone, in kg;  ρe is the density of the tracer gas in the exhaust air, in kg/m3;  Ke is the volume concentration of tracer gas in the exhaust air, in m3/m3.  Formula (D.14) can be replaced by Formula (D.15) using the Ideal Gas Law assumption.  (D.15)  where  Te is the absolute temperature of the exhaust air, in Kelvin (K).  If the temperature in the zone does not change during the measurement period, Formula (D.16) shows the formula for the conservation of mass of the room air:  (D.16)  Using the Ideal Gas Law assumption, Formula (D.16) can be replaced by Formula (D.17):  (D.17)  If Formula (D.17) is substituted to Formula (D.15), Formula (D.18) is obtained:  (D.18)  Suppose m, Q and CE are defined in Formulae (D.19), (D.20), and (D.21):  (D.19)  (D.20)  (D.21)  Then, Formula (D.18) can be expressed as Formula (D.22):  (D.22)  The part in parentheses on the left side in Formula (D.22) is the volume of the tracer gas converted to the exhaust density. Formula (D.19) represents the exhaust air temperature equivalent of tracer gas volume dose and Formula (D.20) is the temperature in the zone equivalent of ventilation rate from the outside to the zone. If such conversions are performed, Formula (D.22) corresponds to Formula (9) and Formula (17), and if m = 0, Formula (1).  Therefore, even if the temperature and concentration in the zone are not uniform, the ventilation rate measurement method for this condition can be applied if the temperature in the zone does not change over the period of measurement. The measured ventilation rate is the value in Formula (D.20) or the specific airflow rate based on the value in Formula (D.20).  It should be noted that the measured specific airflow rate using Formula (7) may not be the specific airflow rate converted into the exhaust temperature if the difference between the mean temperature of the zone and the temperature of the exhaust air, Te, cannot be neglected. In such case, the specific airflow rate at mean temperature in the zone is measured.  As for the change in outside tracer gas concentration, Formula (D.21) may need to be as small as can be ignored once sufficient time has elapsed if the step-down exhaust concentration method and pulse method are used.  **Annex E**  (informative)  **Estimation error minimizing method in two-point and multi-point**  **decay methods**  **E.1 General**  The specific airflow rate estimation error based on two-point and multi-point decay method is not only dependent on the concentration measurement error, but also largely on the ventilation rate change in multi-point decay method, uneven concentrations within the zone and interaction with adjacent zones, i.e. the inappropriateness of the actual assumptions of the model itself. However, if the concentration measurement error alone is considered, the error propagation formula arising from the error variance and the specific airflow rate error can be defined.  By deducing the equation minimizing the specific airflow rate error, a curve representing the relation between the specific airflow rate, optimum decay time and the number of measurement points can be obtained. The optimum decay time is decided by referring to the curve.  **E.2 Estimations of the specific airflow rate using the least squares method**  The analytical solution from the concentration decay test process in the specific airflow rate measurements [3] uses Formula (E.1) under the constant airflow condition, taking the initial time t1 = 0 and the time elapsed as tj.  (E.1)  Where N is the estimated specific airflow rate, while C(tj) indicates the measured gas concentration at time tj. The equation error ej is defined by Formula (E.2). As in Formula (E.3), yj, Zj and a represent the matrix notation to resolve the least squares solution.  (E.2)  Vector a, which includes the N and the logarithm of initial concentration, is calculated by the least squares using Formula (E.3). Here, np is the number of measured elapsed points, when the value of j is 1 represents the initial concentration and np is more than two.  (E.3)  Calculation results in Formula (E.3) gives the estimated specific airflow rate shown in Formula (E.4).  (E.4)  In many cases, tj is measured at interval Δt then tj is equal to (j − 1)Δt, and in this case, can be rewritten relatively simple form. Here, T is defined as the complete decay period (np − 1)Δt.  (E.5)  **E.3 Decay period to minimize the effects of concentration measurement errors**  Gas concentration measurement error variance σ2C is specific to the equipment used and so can be estimated more often than not. Formula (E.6) is used to calculate the propagation of measurement error variance to the estimated specific airflow rate variance mσ2N:  (E.6)  Taking the differential of Formula (E.5) by C(tj), Formula (E.7) is obtained:  (E.7)  Formula (E.8) is derived as this subclause assumes that there is no change in the structure of the decay model:  (E.8)  Formula (E.6) becomes Formula (E.9) when using Formulae (E.7) and (E.8).  (E.9)  The objective of this subclause is to minimize the estimated error variance for the specific airflow rate with respect to decay period T. The differential of mσn2 by T is equated to 0 and the next function is deduced.  (E.10)    Formula (E.10) results in a nonlinear Formula (E.11) for NT:  (E.11)    Formula (E.11) changes with the number of measured elapsed time points, np. Subsequently, the optimum value for NT was determined beginning with two points up to approximately 100 points. The Newton method is used to solve the nonlinear formula, and as a result, the differential function for NT was used.  If the correctional value δNT is added to the assumed NT and the achieved the solution, the first term approximated Taylor series expansion is described as Formula (E.12). This becomes the recursive formula to approach the solution.  (E.12)  The initial value is only slightly larger than 1. The curve obtained for the optimum value of NTm is shown in Figure E.1. |

**Figure E.1 — Relationship between error minimizing constant N·Tm and total number of measured points**

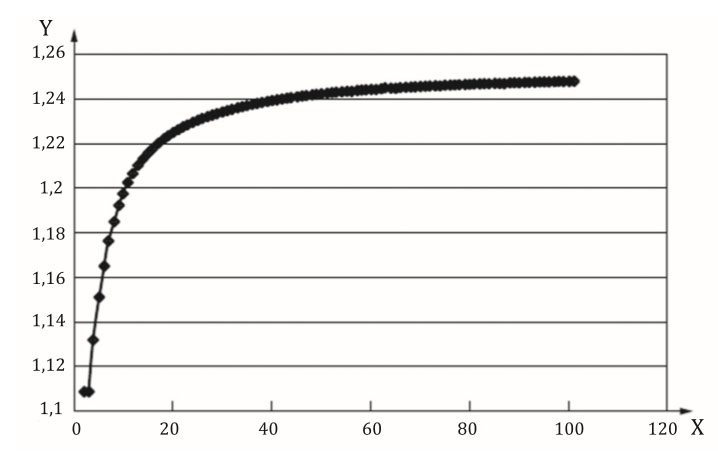
****

**Key**

X total number of data points (np)

Y error minimizing constant (N·Tm)

**E.1-р зураг – Алдааг багасгах NTm тогтмол болон хэмжсэн эгшний нийт тоо хоорондын хамаарал**



**Түлхүүр үг**

X өгөгдлийн эгшнүүдийн нийт тоо (np)

Y алдааг багасгах тогтмол (N·Tm)

|  |  |
| --- | --- |
| Туршилтын эхний болон төгсгөлийн концентрацийг төлөөлсөн зөвхөн хоёр эгшнийг хэрэглэх үед тооцооллын алдааг багасгах, концентрацийг бууруулах оновчтой Tm хугацаа нь агаарын хувийн N зардал болон NTm үржвэрийн дараах утга болно.  (NTm)np=2 = 1,108 857 552 88 … (E.13)  E.1-р зургийг хэрэглэн, концентрацийг бууруулах оновчтой хугацааг хэрхэн тодорхойлохыг дараах горимд заасан.  a) Агаарын хувийн зардал болон тохиргооны np = 2 параметрийг тооцох замаар концентрацийг бууруулах оновчтой Tm хугацааг бодож олно.  b) Аюулгүй байдлыг хангахын тулд концентрацийг бууруулах оновчтой Tm хугацааг 1,5-аар үржүүлсэн утгад хэмжил хийнэ.  c) Агаарын хувийн зардлыг урьдчилан тогтоосон N утгаар концентрацийг бууруулах оновчтой Tm хугацааг тодорхойлно. Энэ үеийн туршид хэмжсэн концентрацийн өгөгдлөөс агаарын хувийн N зардлыг тооцоолоход (E.4) эсвэл (E.5)-р томьёог хэрэглэнэ.  d) Тооцоолсон болон урьдчилан тогтоосон агаарын хувийн зардал хоорондын зөрүү нь тооцоолсон агаарын хувийн зардлын 5 %-аас бага байвал бодсон үр дүнг хүлээн зөвшөөрөх боломжтой гэж үзнэ. Хэрэв энэ зөрүү 5 %-аас их бол урьдчилан тогтоосон агаарын хувийн зардлын утгыг тооцоолсон агаарын хувийн зардлын утгаар солих шаардлагатай. Мөн бодолтыг c) алхмаас эхлэн давтана. Бодолтыг хэдэн удаа давтсаны дараа хүлээн зөвшөөрөх боломжтой үр дүн гарахгүй бол хэмжлийг дахин хийх хэрэгтэй. Энэ байдлыг загварын урьдчилсан нөхцөлүүдийн нэг нь бодит байдалд бараг нийцэхгүй байна гэж үзэж болно.  **F хавсралт**  (мэдээллийн)  **Алдааны дүн шинжилгээний тархалт**  ТАЙЛБАР: Концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах арга, урвуу концентрацийн аргын дундаж болон тогтмол концентрацийн аргад хамаарах алдааны тархалтын томьёоны дүгнэлтийг энэ хавсралтад тайлбарласан.  **F.1 Концентрацийг хоёр эгшинд бууруулах арга**  Тогтворжоогүй төлөвийн нөхцөлд агаарын хувийн N зардлын s2Nвариацыг (F.1)-р томьёогоор тооцоолох шаардлагатай.  (F.1)  үүнд:  C(t1) – t1 хугацаанд авсан концентрацийн дээж;  C(t2) – t2 хугацаанд авсан концентрацийн дээж;  t1 – эхний дээж авсан хугацаа, с эсвэл ц;  t2 – сүүлийн дээж авсан хугацаа, с эсвэл ц нэгжтэй.  Концентрацийг олон эгшинд бууруулах аргад (A.3)-р томьёог хэрэглэнэ.  **F.2 Урвуу концентрацийн аргын дундаж**  Алдааг (F.2)-р томьёогоор тодорхойлно.  (F.2)  үүнд:  (F.3)  (F.4)  түүнчлэн  С – орон зайн хувьд дунджаар авсан заагч хийн концентраци;  – заагч хийн концентрацийг хугацааны дунджаар авсан утгыг өгөгдсөн аливаа хугацаанд орон зайн хувьд дунджаар авсан заагч хийн концентрацид хуваасан утга;  f – Var( f ) функцийг илэрхийлэхийн тулд хэрэглэдэг хувьсагч болно.  Солилцуулах агаарын тогтмол зарцуулалттай үед (A.7) болон (A.8)-р томьёог хэрэглэх шаардлагатай.  **F.3 Тогтмол концентрацийн арга**  Нийтлэг тохиолдолд (F.5)-р томьёогоор алдааг илэрхийлнэ.  (F.5)  үүнд:  (F.6)  (F.7)  (F.8)  түүнээс гадна  С – орон зайн хувьд дунджаар авсан заагч хийн концентраци;  – заагч хийн концентрацийг хугацааны дунджаар авсан утгыг өгөгдсөн аливаа хугацаанд орон зайн хувьд дунджаар авсан заагч хийн концентрацид хуваасан утга;  f – Var( f ) функцийг илэрхийлэхийн тулд хэрэглэдэг хувьсагч;  m(t2, t1) - t1 болон t2 хугацааны хооронд шахсан заагч хийн эзлэхүүн;  twt – заагч хийн тунд нийцүүлэн жинлэсэн хувьсагчид байна.  **Ном зүй**  [1] Нарасаки М., Хэм Ж., Яманака Т., Хигучи М. “Заагч хийн аргаар барилгад хэмжсэн агаар сэлгэлтийн нарийвчлалыг тооцоолох”, Япон улсын дулаан, кондиционерийн систем болон эрүүл ахуйн инженерүүдийн холбооны бүтээл, 41-р дугаар, 1989 оны аравдугаар сар, 31-39-р хуудас (япон хэлээр нийтлэгдсэн)  [2] Этеридж Д. болон Сандберг М. “Барилгын агаар сэлгэлт: Онол болон хэмжил” Жон Уайли болон хөвгүүд, 1996  [3] Окуяма. Х., Ониши, У., “Агаар солилцох зарцуулалтыг хэмжихэд зориулсан хэмжлийн эргэлзээний дүн шинжилгээ болон концентрацийг бууруулах оновчтой хугацаа: Үр дүнтэй эзлэхүүн болон агаар нэвчих хурдыг тооцоолох”. Барилгыг хүрээлэн буй орчин. 2012, 49, 182-192-р хуудас  [4] Окуяма. Х., “Олон камерт агаарын зардлыг хэмжих системд гарсан сүүлийн үеийн дэвшил”, Өрөөний агаарын конвекц болон агаар сэлгэлтийн үр нөлөө, Олон улсын 1992 оны симпозиум, ISRACVE, Токио, 1992, долоодугаар сар 22-24, 351-356-р хуудас  [5] Япон улсын аж үйлдвэрийн стандарт А 1406:1974 (JIS A 1406:1974) “Өрөөний агаар сэлгэлтийн хэмжээг хэмжих арга (нүүрстөрөгчийн давхар ислийн арга), япон хэлээр нийтлэгдсэн  [6] Япон улсын халаалт, агаар сэлгэлт болон эрүүл ахуйн инженерүүдийн холбооны стандарт 116-2003 (Shase-S116-2003), “Заагч хий хэрэглэж, тусдаа бүсэд агаар сэлгэлтийг хэмжих арга” япон хэлээр нийтлэгдсэн стандартыг 2004 оны дөрөвдүгээр сараас, мөрдөж эхэлсэн.  [7] Руле К.А, Компаньон Р. “Заагч хийн нэвчилтийг олон бүсэд хэмжих – Изотерм бус тохиолдолд зориулсан боловсруулалтын алгоримт. Барилгыг хүрээлэн буй орчин. 1989, 24 (3), 221-227-р хуудас  [8] Руле К.А “Барилгын агаар сэлгэлт болон агаарын зардал – Оношлох болох үнэлэх арга”. Earthcan BEST, Лондон, 2008  [9] JCGM 200:2012 “Жин хэмжүүрийн системийн олон улсын нэр томьёо - Жин хэмжүүрийн системийн үндэслэл, ерөнхий нэр томьёоны Олон Улсын Тайлбар Толь (VIM) 3-р хэвлэл | When using only two points, representing the initial and the final concentrations in particular, the optimum decay time Tm that minimizes the estimation error is the following value from the specific airflow rate and the product NTm:  (NTm)np=2 = 1,108 857 552 88 … (E.13)  The following procedure outlines how to use Figure E.1 to determine the optimum decay time.  a) Assumes the optimum decay time, Tm, by estimating the specific airflow rate and setting np = 2.  b) Measurements are carried out for 1,5 times the set optimum decay time, Tm, for safety reasons.  c) The optimum decay time, Tm, is determined using the previously set specific airflow rate N. From the measured concentration data during this period, Formulae (E.4) or (E.5) are used to estimate the following specific airflow rate, N.  d) If the difference between estimated and previously set specific airflow rate falls below 5 % of the estimated specific airflow rate, the obtained results can be considered acceptable. If the difference is any greater than 5 %, the set specific airflow rate shall be replaced with the estimated specific airflow rate and repeated from step c) again. If acceptable results are not obtained after repeating several times, the measurements shall be taken again as it can be deemed that one of the assumptions of the model is largely inappropriate.  **Annex F**  (informative)  **Propagation of error analysis**  NOTE This annex contains a summary of propagation of errors formulae that pertain to the two-point decay method, average of inverse concentration method and constant concentration method.  **F.1 Two-point decay method**  For nonsteady-state conditions, the variance s2N of N should be calculated using Formula (F.1):  (F.1)  where  C(t1) is the specimen concentration at time t1;  C(t2) is the specimen concentration at time t2;  t1 is the time of the first sampling, in s or h;  t2 is the time of the last sampling, in s or h.  For the multi-point decay method, use Formula (A.3).  **F.2 Average of inverse concentration method**  The error expression is given in Formula (F.2):  (F.2)  where  (F.3)  (F.4)  and  C is the spatially averaged tracer gas concentration;  is the time-averaged tracer gas concentration divided by the spatially averaged tracer gas concentration at any given time;  f is a variable used to demonstrate the function Var( f ).  For the constant ventilation rate, Formulae (A.7) and (A.8) should be used.  **F.3 Constant concentration method**  In general, the error expression is given as Formula (F.5):  (F.5)  where  (F.6)  (F.7)  (F.8)  and  C is the spatially averaged tracer gas concentration;  is the time-averaged tracer gas concentration divided by the spatially averaged tracer gas concentration at any given time;  f is a variable used to demonstrate the function Var( f );  m(t2, t1) is the volume of the tracer gas injected between times t1 and t2;  twt are the variables weighted according to tracer gas dose.  **Bibliography**  [1] Narasaki M., Ham J., Yamanaka T., Higuchi M. An Evaluation on the Accuracy of Air Change Rate in Buildings Measured by Tracer-gas Method “Transactions of the Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, No.41, Oct., pp.31-39, 1989. (in Japanese)  [2] Etheridge D., & Sandberg M. Building Ventilation: Theory and Measurement. John Wiley & Sons, 1996  [3] Okuyama. H., Onishi, Y., Uncertainty analysis and optimum concentration decay term for air exchange rate measurements: Estimation methods for effective volume and infiltration rate.  Build. Environ. 2012, 49 pp. 182–192  [4] Okuyama H. Recent Progress on the Multi-Chamber Airflow Measurement System, 1992 International Symposium on Room Air Convection and Ventilation Effectiveness ISRACVE, 22- 24 July, Tokyo, pp.351-356, 1992  [5] Jis A 1406:1974, Method for measuring amount of room ventilation (carbon dioxide method), in Japanese  [6] Shase-S116-2003, Single zone ventilation measurement methods using tracer gas, Society of Heating, Air-Conditioning and Sanitary Engineers of Japan, enacted April 2004 in Japanese  [7] Roulet C.A., & Compagnon R. Multizone tracer gas infiltration measurements – Interpretation algorithms for non-isothermal cases. Build. Environ. 1989, 24 (3) pp. 221–227  [8] Roulet C.A. Ventilation and Airflow in Buildings — Methods for Diagnosis and Evaluation. Earthcan BEST, London, 2008  [9] JCGM 200:2012 International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd edition |