

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЫМОВЫХ ТРУБ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

### **Шутова Марина Николаевна**

канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленное гражданское строительство, геотехника и фундаментостроение» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132),  
e-mail: Shutovapublish@mail.ru,

### **Вареница Анастасия Павловна**

Инженер-конструктор, ООО «Строительно-производственное управление» (Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Крупской 76)  
e-mail: varenitsa\_nastya@mail.ru.

### **Евтушенко Сергей Иванович**

доктор. техн. наук, профессор, Почетный работник высшего образования Российской Федерации, советник РААСН, профессор кафедры «Информационные системы, технология и автоматизация строительства» НИУ «Московский государственный строительный университет» (г. Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26), член РОМГГиФ;  
e-mail: sergand1957@gmail.com

**Аннотация:** в статье рассматривается проблема определения надежности и остаточного ресурса дымовых труб промышленных зданий с учетом комплексного подхода, включающего в себя расчета надежности системы «Дымовая труба» при помощи теории графов.

В качестве объектов для оценки было рассмотрено четыре дымовых трубы: три кирпичные, и одна металлическая. При обследовании были выявлены типичные повреждения каждого вида конструкций, проанализированы результаты измерений прочности материалов и поверочных расчетов.

Установлено, что результаты расчета остаточного ресурса кирпичной трубы №1 (остаточный ресурс исчерпан, конструкция находится в неработоспособном состоянии) подтверждается результатом расчета крена здания (крен превышает предельно допустимый). Также в результате расчета по комплексной методике подтвердилась пониженная надежность металлических труб по сравнению с кирпичными дымовыми трубами.

**Ключевые слова:** остаточный ресурс, обследование зданий и сооружений, техническое состояние конструкций, теория графов, дымовые трубы, промышленные здания

## **APPLICATION OF A COMPLEX APPROACH TO DETERMINING THE RELIABILITY AND RESIDUAL LIFE OF CHIMNEYS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

**Shutova Marina Nikolaevna**

PhD, associate professor of Industrial civil engineering, geotechnics and foundations of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI);

e-mail: [Shutovapublish@mail.ru](mailto:Shutovapublish@mail.ru)

**Varenitsa Anastasia Pavlovna**

Design Engineer, Construction and Production Management LLC (Rostov Region, Novocherkassk, 76 Krupskaya St.)

e-mail: [varenitsa\\_nastya@mail.ru](mailto:varenitsa_nastya@mail.ru).

**Evtushenko Sergej Ivanovich**

Doctor of Engineering, Professor, professor of Moscow State (National Research) University of Civil Engineering (MGSU)

e-mail: [sergand1957@gmail.com](mailto:sergand1957@gmail.com).

**Abstract:** The article discusses the problem of determining the reliability and residual life of chimneys of industrial buildings, taking into account an integrated approach, which includes calculating the reliability of the "Chimney" system using the theory of graphs.

Four chimneys were considered as objects for assessment: three brick and one metal. During the inspection, typical damage to each type of structure was revealed, the results of measurements of the strength of materials and verification calculations were analyzed.

It was found that the results of calculating the residual resource of brick pipe No. 1 (the residual resource is exhausted, the structure is inoperative) is confirmed by the result of calculating the roll of the building (the roll exceeds the maximum allowable). Also, as a result of the calculation using a comprehensive methodology, the reduced reliability of metal pipes was confirmed in comparison with brick chimneys.

**Key words:** residual life, inspection of buildings and structures, technical condition of structures, graph theory, chimneys, industrial buildings.

Дымовые трубы относятся к ответственным инженерным сооружениям, работающим в чрезвычайно тяжелых условиях высоких температурных и ветровых нагрузок, агрессивного воздействия дымовых газов.

Трубы имеют основные конструктивные элементы: фундамент, цоколь, ствол, оголовок, зольное перекрытие, бункер, вводы бортов, антикоррозионную защиту, теплоизоляцию, футеровку, ходовую лестницу, молниезащиту, светофорные площадки.

Обследование дымовых труб проводится для определения их технического состояния и остаточного ресурса. Первое плановое обследование проводят через год после запуска в эксплуатацию, каждое последующее через пять лет. Внеплановое обследование проводят при появлении дефектов, ухудшающих возможность их эксплуатации (разрушение кладки ствола трубы, трещины в теле ствола трубы,

разрушение/обвал разделительной перегородки, разрушение внутренней отделки ствола трубы (футеровки) и др.), после технологической аварии, при консервации объекта.

Режим работы дымовых труб во многом определяет их техническое состояние, срок службы [1].

Сравнительный анализ дымовых труб из кирпича, железобетона и металла [2] показал, что кирпичные и железобетонные трубы постройки советского времени уже практически исчерпали свой эксплуатационный ресурс, и для продления их срока службы (эксплуатации) необходимо выполнение их технической экспертизы и проведение капитального ремонта. Трубы с металлическим стволом имеют меньший срок службы из-за подверженности агрессивному воздействию, но применение их обосновывается меньшей себестоимостью, снижением времени и удобством монтажа [3].

Коллектив авторов [4] в ходе поверочного расчета потоков дымовых газов доказал, что закрутка потоков дымовых газов значительно ослабевает при установке на входе отводящего ствола специальных перегородок, а обеспечение номинального газодинамического режима в стволе дымовой трубы, способствует повышению коррозионной устойчивости футеровки дымовых труб [4].

Научно-производственное объединение «СибЭРА» поделилась опытом и результатами тепловизионного обследования дымовых труб. Применение приборов инфракрасной диагностики при проведении планового обследования с последующей компьютерной обработкой полученных данных позволяет заблаговременно выявлять многие дефекты в стволе трубы в начальной стадии их развития, а также прогнозировать сроки внутреннего осмотра трубы [5].

Дефекты, выявленные при обследовании дымовых труб, подразделяются на дефекты на внутренней и на внешней поверхности ствола трубы. А также наиболее подвержены появлению дефектов следующие

элементы кирпичных дымовых труб: оголовки трубы подвержены воздействию осадков и отводимых агрессивных газов, металлические элементы подвержены коррозии и усталостному разрушению, кирпичная футеровка подвержена воздействию газов и взрывам этих газов в стволе трубы, ствол трубы вследствие неравномерных осадков основания, атмосферных осадков и др. [6].

В России широко используется метод А. Н. Добромыслова для определения остаточного ресурса промышленных объектов [7, 8], который основан на визуальном осмотре. В различных нормативных документах приводится несколько классификаций категорий технического состояния, авторами статьи предложены следующие категории – табл.1.

Таблица 1. Категории технического состояния

| № п.п. | Категория технического состояния | Относительная надежность |
|--------|----------------------------------|--------------------------|
| 1      | Исправная                        | 0,96-1,0                 |
| 2      | Работоспособная                  | 0,86-0,95                |
| 3      | Ограничено работоспособная       | 0,77-0,85                |
| 4      | Неработоспособная                | 0,66-0,75                |
| 5      | Аварийная                        | 0-0,65                   |

Комплексный метод определения остаточного ресурса, предложенный авторами в [9, 10] основан на использовании сетевого графа. Сетевая модель системы «Дымовая труба» (рис.1) состоит из следующих вершин, характеризующих относительную надежность (вероятность безотказной работы) для следующих случаев: И - исправное состояние объекта, 1 – состояние фундамента, 2- состояние изоляции (гидро-, тепло-), 3 – состояние цоколя, 4 – состояние ствола трубы, 5 – состояние конструкций газохода (зольное перекрытие, бункера, вводы боровов), 6 – состояние футеровки, 7 – состояние фурнитуры (ходовая лестница, молниезащита, светофорные площадки), р - разрушение объекта; ребра – проявление взаимодействий подсистем.

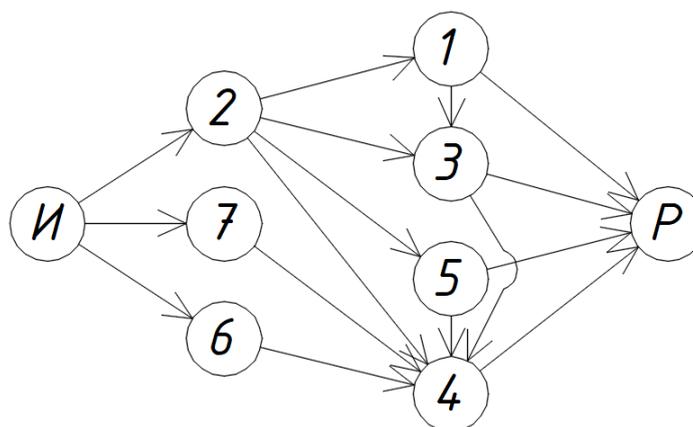


Рис. 1. Сетевая модель системы «Дымовая труба»

Согласно графу, разрушение дымовой трубы (путь между вершинами И и Р) может пройти по любому из полных путей: И-2-1-Р, И-2-3-Р, И-2-5-Р, И-6-4-Р, И-7-4-Р, И-2-4-Р, И-2-1-3-Р, И-2-1-3-4-Р, И-2-5-Р.

Относительная поврежденность  $j$ -той системы равна  $\varepsilon_j$ . Для данной сетевой модели:

$$Y_{\text{общ}} = 1 - \prod_{j=1}^{10} f_j;$$

Определение остаточного ресурса с применением комплексной методики проводится на примере дымовых труб, обследованных специалистами ООО «Строительно-производственное управление» г. Новочеркасск на основе отчетов [11] – [14]. Данные о строительных объектах приведены в табл. 2.

Таблица 2. Информация об обследованных дымовых трубах

| Номер объекта, адрес | Описание архитектурных и конструктивных решений | Фото |
|----------------------|---|------|
|----------------------|---|------|

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>1. Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Ермака, 42/46/7/1-6</p>                      | <p>Кирпичная дымовая труба служит для отвода дымовых газов от котлов.</p> <p>Фактический срок эксплуатации трубы на 2020 год – 57 лет.</p> <p>Конструктив фундамента соответствует типовому проекту ТП 907-2-101 "Дымовая кирпичная труба Н=30 м", а именно выполнен монолитным железобетонным столбчатым со стаканом в виде полного усеченного конуса на круглой в плане плите диаметром 5,2 м с глубиной заложения 4,0 м.</p> <p>Ствол дымовой трубы представляет собой усеченный конус и выполнен армокирпичным, футерованным глиняным кирпичом. Состав ствола изнутри наружу: внутренняя отделка (футеровка) из глиняного обыкновенного кирпича (120 мм), теплоизоляционная прослойка из шлаковаты (50 мм), наружная верста из красного керамического кирпича на известково-песчаном растворе переменной толщины по высоте (510-250 мм).</p> <p>Высота ствола дымовой трубы 30,0 м.</p> <p>Наружный диаметр основания ствола трубы – 4,3 м, внутренний – 2,94 м; наружный диаметр выходного отверстия – 2,0 м, внутренний – 1,5 м.</p> |   |
| <p>2. Тверская область, г. Тверь, ул. П. Савельевой, 47, территория ОАО «Центросвармаш»</p> | <p>Кирпичная дымовая труба служит для отведения продуктов сгорания природного газа от паровых котлов.</p> <p>Фактический срок эксплуатации трубы на 2020 год – 46 лет.</p> <p>Монолитный железобетонный фундамент выполнен из бетона класса по прочности на сжатие – В30. Ствол дымовой трубы представляет собой усеченный конус и выполнен армокирпичным, футерованным керамическим кирпичом.</p> <p>Ствол трубы состоит из четырех звеньев по высоте. Состав ствола изнутри наружу: внутренняя отделка (футеровка) из керамического кирпича на цементно-глиняном растворе (120 мм), воздушный неветилируемый зазор (50 мм), наружная верста из красного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе переменной толщины по высоте (770-380 мм).</p> <p>Высота ствола дымовой трубы 43,18 м.</p> <p>Наружный диаметр основания ствола трубы – 4,89 м, внутренний – 3,35 м; наружный диаметр выходного отверстия – 2,975 м, внутренний – 1,875 м.</p>   |  |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>3. Московская обл., Сергиево-Посадский район, с. Дерюзино, территория АО «МЕТТРОВАГОНМАШ»</p> | <p>Металлическая дымовая труба предназначена для отведения продуктов сгорания природного газа от водогрейных котлов «ЗИОСАБ-1600» и создания тяги. Фактический срок эксплуатации трубы на 2020 год – 18 лет.</p> <p>Фундамент под дымовую трубу выполнен в виде монолитной железобетонной фундаментной плиты из бетона В15 размером 2,8(л)х2,8(б)х2,7(г) с глубиной заложения от уровня земли 2,7м.</p> <p>Высота ствола дымовой трубы 20,0 м.</p> <p>Ствол дымовой трубы представляет собой двухсекционную металлическую спиралешовную трубу. Длина первого звена составляет L=11,0 м, диаметром Ø644 мм, вторая секция длиной L=9м, Ø644мм сталь ВСт2сп по ГОСТ380-88. Во внутренней части трубы выполнена разделительная стенка с отм. +0,000 до отм. +16,000, до отм. +17,025 по длине трубы симметрично с трех сторон выполнены металлические ребра жесткости из листового проката сваренные в тавр толщиной t=12мм по ГОСТ 19903-74. С отм. +17,025 до отм. +20,00 выполнена винтовая металлическая навивка по диаметру трубы металлическим листом t=5 мм сталь ВСт2сп ГОСТ 19903-74.</p> <p>В процессе эксплуатации выполнена теплоизоляция из минеральной ваты толщиной t=40мм, обшито оцинкованным листом t=2мм до отм. +5,233</p> |    |
| <p>4. Брянская область, г. Брянск, ул. Сталелитейная, 1, территория АО «ПО Бежицкая сталь»</p>   | <p>Кирпичная дымовая труба служит для отведения продуктов сгорания природного газа от термических печей и создания тяги.</p> <p>Фактический срок эксплуатации трубы на 2020 год – 85 лет.</p> <p>Монолитный железобетонный фундамент выполнен из бетона класса по прочности на сжатие – В15.</p> <p>Ствол дымовой трубы представляет собой усеченный конус и выполнен армокирпичным, футерованным футерованным шамотным кирпичом.</p> <p>Ствол трубы состоит из пяти звеньев по высоте. Состав ствола изнутри наружу: внутренняя отделка (футеровка) из шамотного кирпича на цементно-глиняном растворе (120 мм), теплоизоляционная прослойка из шлака (50 мм), наружная верста из красного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе переменной толщины по высоте (770-250 мм).</p> <p>Высота ствола дымовой трубы 43,325 м.</p> <p>Наружный диаметр основания ствола трубы – 4,38 м, внутренний – 2,5 м; наружный диаметр выходного отверстия – 2,02 м, внутренний – 1,18 м.</p>  |  |

Выявленные дефекты кирпичных и металлических дымовых труб приведены в таблице 3.

Таблица 3. Дефекты дымовых труб

| № п.п. | Дефекты   | Номер объекта по табл. 1 |   |   |   |       |
|--------|---|--------------------------|---|---|---|-------|
|        |   | 1                        | 2 | 3 | 4 | Всего |
| 1      | 2   | 3                        | 4 | 5 | 6 | 7     |
| 1      | Отслоение окрасочного слоя, что лишь ухудшает эстетический вид сооружения, так как применение окраски дымовых труб из красного керамического кирпича не обязательна | 1                        |   |   |   | 1     |
| 2      | Размораживание на глубину до 1-2 мм кирпича из-за систематического замачивания вследствие отсутствия защитных фартуков для отвода поверхностных осадков             | 1                        |   |   |   | 1     |
| 3      | Локальная поверхностная коррозия пластин и болтов стяжных колец кирпичных труб  | 1                        |   |   |   | 1     |
| 4      | Отсутствие отмостки фундамента дымовой трубы  |                          |   | 1 |   | 1     |
| 5      | Поверхностная коррозия, разрушение АКЗ металлических труб   |                          |   | 1 |   | 1     |
| 6      | Отсутствие контрольного стенового репера и реперов на стволе трубы для измерения осадки   |                          | 1 |   | 1 | 2     |
| 9      | В газоходах стоит грунтовая вода глубиной до 300 мм   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 10     | Выщелачивание кирпичной кладки газоходов на локальных участках глубиной до 70 мм и выпадение отдельных кирпичей из кладки   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 11     | Пластинчатая коррозия стального листа перекрытия из-за отсутствия АКЗ   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 12     | Поверхностная коррозия стальных уголков перекрытия из-за отсутствия антикоррозионной защиты   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 13     | Отсутствие водоотлива на обресе цокольной части фундамента  |                          | 1 |   |   | 1     |
| 14     | Коррозия выступающей из цокольной части фундамента арматуры   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 15     | Трещины шириной раскрытия до 0,3 мм на глубину защитного слоя бетона из-за коррозии арматуры вследствие систематического замачивания                                |                          | 1 |   |   | 1     |
| 16     | Разрушение водоотлива оголовка трубы с разрушением кирпичной кладки на глубину до 60 мм с выпадением отдельных элементов кладки                                     |                          | 1 |   | 1 | 2     |
| 17     | Трещины шириной раскрытия от 3 мм до 6 мм в цементно-песчаном водоотливе  |                          | 1 |   |   | 1     |
| 18     | Разрушение кирпичной кладки в уровне светофорной площадки на глубину до 80 мм   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 19     | Локальное разрушение маркировочной окраски  |                          | 1 |   | 1 | 2     |
| 20     | Выщелачивание кирпичной кладки ствола трубы, глубиной до 30 мм на локальных участках  |                          | 1 |   | 1 | 2     |
| 21     | Нарушение верхнего крепления молниеприемников   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 22     | Отсутствие люка светофорной площадки  |                          | 1 |   |   | 1     |
| 23     | Разрушение АКЗ с поверхностной коррозией металлических элементов светофорной площадки   |                          | 1 |   |   | 1     |
| 1      | 2   | 3                        | 4 | 5 | 6 | 7     |
| 24     | Разрушение АКЗ с пластинчатой/поверхностной коррозией стяжных колец   |                          | 1 |   | 1 | 2     |
| 25     | Разрушение красного плафона на двух светильниках светоограждения  |                          | 1 |   |   | 1     |

|    |  |   |   |   |   |   |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 26 | Выпадение кирпичей из кирпичной кладки арочного свода газохода на локальных участках                     |   |   |   | 1 | 1 |
| 27 | Необустроенное технологическое отверстие в арочном своде на участке сопряжения газохода с дымовой трубой |   |   |   | 1 | 1 |
| 28 | Отсутствие ограждения ходовых скоб   |   |   |   | 1 | 1 |
| 29 | Выветривание раствора из швов кирпичной кладки на локальных участках глубиной до 20 мм                   |   |   |   | 1 | 1 |
| 30 | Крен дымовой трубы, не превышающий предельно допустимого значения  |   | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 31 | Крен дымовой трубы, превышающий предельно допустимое значение  | 1 |   |   |   | 1 |

Категория технического состояния, как и показатели надежности (вероятность отказа и безотказной работы) для всех конструкций крыши сведены в табл.4 (если дефекта данной конструкции не зафиксировано, то относительная надежность принимается равной 1,0).

Таблица 4. Состояние групп строительных конструкций

| № пп | Состояние групп строительных конструкций                                    | Номер объекта по табл. 2, относительная надежность |      |      |      |
|------|---|--|------|------|------|
|      |   | 1  | 2    | 3    | 4    |
| 1    | Состояние фундамента  | 1,0  | 0,9  | 0,85 | 1,0  |
| 2    | Состояние изоляции (гидро-, тепло-)   | 0,85   | 0,8  | 0,8  | 1,0  |
| 3    | Состояние цоколя  | 0,80   | 0,8  | 1,0  | 1,0  |
| 4    | Состояние ствола трубы  | 0,75   | 0,85 | 1,0  | 0,85 |
| 5    | Состояние конструкций газохода (зольное перекрытие, бункера, вводы боровов) | 1,0  | 0,80 | 1,0  | 1,0  |
| 6    | Состояние футеровки   | 1,0  | 0,9  | 1,0  | 1,0  |
| 7    | Состояние фурнитуры (ходовая лестница, молниезащита, светофорные площадки)  | 1,0  | 0,8  | 1,0  | 0,8  |

Расчет вероятности разрушения сведен в табл.5.

Остаточный ресурс конструкции определяется как время до наступления неработоспособного состояния (относительная надежность  $P_{нер} = 0,75$ ):

$$R_{ост} = \frac{\ln p_{нер} - \ln p_{д.т.}}{\lambda_{д.т.}};$$

где  $\lambda_{д.т.}$  – скорость разрушения дымовой трубы:

$$\lambda_{д.т.} = \frac{\ln p_{д.т.}}{t},$$

где  $t$  – время от ввода в эксплуатацию до обследования.

Расчет остаточного ресурса сведен в таблицу 5.

Таблица 5. Расчет вероятности разрушения и остаточного ресурса чердачного покрытия здания

| N п.п. | Путь   | Номер объекта по табл. 2 |                            |                 |                            |
|--------|--|--------------------------|----------------------------|-----------------|----------------------------|
|        |  | 1                        | 2                          | 3               | 4                          |
| 1      | Вероятность разрушения (относительная поврежденность)  | 0,25                     | 0,22                       | 0,13            | 0,20                       |
| 2      | Вероятность безотказной работы (относительная надежность)  | 0,75                     | 0,78                       | 0,87            | 0,80                       |
| 3      | Категория технического состояния конструкций покрытия  | Не работоспособная       | Ограничено работоспособная | Работоспособная | Ограничено работоспособная |
| 4      | Период с момента ввода в эксплуатацию (в том числе с момента ремонта стропильной системы) до момента обследования, лет | 57                       | 46                         | 18              | 85                         |
| 5      | Остаточный ресурс  | Исчерпан                 | 7,8                        | 18,5            | 21,3                       |

При определении остаточного ресурса дымовых труб так же использовался метод с учетом динамики крена дымовой трубы. Для объекта №1 крен превысил предельно допустимое значение, для этого же объекта при расчете остаточного ресурса по авторскому методу было выявлено исчерпание остаточного ресурса, что говорит об эффективности применения комплексного подхода.

### Литература

1. СП 13-101-99 Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб.
2. Володин Ю.Г., Марфина О.П., Цветкович М.С., Кирпичников А.П. Влияние технического состояния и режимов работы дымовых труб на окружающую среду // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie->

- tehnikeskogo-sostoyaniya-i-rezhimov-raboty-dymovyh-trub-na-okruzhayuschuyu-sredu (дата обращения: 07.03.2021).
3. Володин Ю. Г. и др. Техническое состояние дымовых труб и его влияние на экологию //Научные достижения: теория, методология, практика. – 2019. – С. 22-28.
  4. Гарькина И. А., Гарькин И. Н. Обследование дымовых труб: состояние, перспективы использования //Молодой ученый. – 2017. – №. 8. – С. 46-50.
  5. Александров В. Н. и др. Оценка технического состояния дымовых труб с использованием тепловизионного контроля //Безопасность и живучесть технических систем. – 2015. – С. 73-79.
  6. Ишкин Е. С. и др. Техническое обследование промышленных кирпичных дымовых труб //Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – №. S10-41. – С. 3-10.
  7. Добромислов А. Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений. – Litres, 2015.-121 с
  8. Добромислов А.Н.Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам: Справочное пособие / Добромислов А.Н. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 72 с.
  9. Skibin G. M., Shutova M. N., Subbotin A. I. Approaches for development of a universal method for calculating the residual life of buildings and structures //Procedia Engineering. – 2016. – Т. 150. – С. 1715-1720.
  - 10.Соболев В. И. и др. Математическая модель определения остаточного ресурса зданий и сооружений //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2006. – №. 2.
  11. «Заключение о техническом состоянии строительных конструкций кирпичной дымовой трубы по пр. Ермака, 42/46/7/1-б в г. Новочеркасск Ростовской области».
  - 12.«Заключение о техническом состоянии строительных конструкций металлической дымовой трубы на территории АО «МЕТРОВАГОНМАШ» (Лагерь отдыха детей «Огонек») расположенного по адресу: Московская обл., Сергиево-Посадский район, с. Дерюзино».
  - 13.«Заключение о техническом состоянии строительных конструкций кирпичной дымовой трубы котельной высотой 45 м, на территории ОАО «Центросвармаш», расположенного по адресу: ул. П. Савельевой, 47, г. Тверь, Тверская область».
  - 14.«Заключение о техническом состоянии строительных конструкций кирпичной дымовой трубы №2 инв. №12000002 высотой 50 м, ЛЦ-1 на территории АО «ПО Бежицкая сталь», расположенного по адресу: ул. Сталелитейная, 1, г. Брянск, Брянская область».

## References

1. SP 13-101-99 Pravila nadzora, obsledovaniya, provedeniya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta promyshlennyh dymovyh i ventilyacionnyh trub.
2. Volodin YU.G., Marfina O.P., Cvetkovich M.S., Kirpichnikov A.P. Vliyanie tekhnicheskogo sostoyaniya i rezhimov raboty dymovyh trub na okruzhayushchuyu sredu // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. №24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnicheskogo-sostoyaniya-i-rezhimov-raboty-dymovyh-trub-na-okruzhayushchuyu-sredu> (data obrashcheniya: 07.03.2021).
3. Volodin YU. G. i dr. Tekhnicheskoe sostoyanie dymovyh trub i ego vliyanie na ekologiyu // Nauchnye dostizheniya: teoriya, metodologiya, praktika. – 2019. – S. 22-28.
4. Gar'kina I. A., Gar'kin I. N. Obsledovanie dymovyh trub: sostoyanie, perspektivy ispol'zovaniya // Molodoj uchenyj. – 2017. – №. 8. – S. 46-50.
5. Aleksandrov V. N. i dr. Ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya dymovyh trub s ispol'zovaniem teplovizionnogo kontrolya // Bezopasnost' i zhivuchest' tekhnicheskikh sistem. – 2015. – S. 73-79.
6. Ishkin E. S. i dr. Tekhnicheskoe obsledovanie promyshlennyh kirpichnyh dymovyh trub // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). – 2015. – №. S10-41. – S. 3-10.
7. Dobromyslov A. Diagnostika povrezhdenij zdaniy i inzhenernyh sooruzhenij. – Litres, 2015.-121 s
8. Dobromyslov A.N. Ocenka nadezhnosti zdaniy i sooruzhenij po vneshnim priznakam: Spravochnoe posobie / Dobromyslov A.N. – M.: Izd-vo ASV, 2008. – 72 s.
9. Skibin G. M., Shutova M. N., Subbotin A. I. Approaches for development of a universal method for calculating the residual life of buildings and structures // Procedia Engineering. – 2016. – T. 150. – S. 1715-1720.
10. Sobolev V. I. i dr. Matematicheskaya model' opredeleniya ostatochnogo resursa zdaniy i sooruzhenij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tekhnicheskie nauki. – 2006. – №. 2.
11. «Zaklyuchenie o tekhnicheskome sostoyanii stroitel'nyh konstrukcij kirpichnoj dymovoj truby po pr. Ermaka, 42/46/7/1-b v g. Novocherkassk Rostovskoj oblasti».
12. «Zaklyuchenie o tekhnicheskome sostoyanii stroitel'nyh konstrukcij metallicheskoj dymovoj truby na territorii AO «METROVAGONMASH» (Lager' otdyha detej «Ogonek») raspolozhennogo po adresu: Moskovskaya obl., Sergievo-Posadskij rajon, s. Deryuzino».
13. «Zaklyuchenie o tekhnicheskome sostoyanii stroitel'nyh konstrukcij kirpichnoj dymovoj truby kotel'noj vysotoj 45 m, na territorii OAO

«Centrosvarmash», raspolozhennogo po adresu: ul. P. Savel'evoj, 47, g. Tver', Tverskaya oblast'».

14. «Zaklyuchenie o tekhnicheskom sostoyanii stroitel'nyh konstrukcij kirpichnoj dymovoj truby №2 inv. №12000002 vysotoj 50 m, LC-1 na territorii AO «PO Bezhickaya stal'», raspolozhennogo po adresu: ul. Stalelitejnaya, 1, g. Bryansk, Bryanskaya oblast'».