

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

доктора технических наук, профессора Давиденко Александра Ивановича  
на диссертацию Оленич Елены Николаевны  
на тему: «Несущая способность дымовых труб на оттяжках с учётом  
технического обслуживания», представленной  
на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения

На отзыв представлены автореферат и диссертация, состоящая из введения, пяти разделов, выводов, списка использованных источников и четырех приложений. Общий объём диссертации – 177 страниц, в том числе 141 страница основного текста, 52 полных страниц с рисунками и таблицами, 22 страницы списка использованных источников, 14 страниц приложений.

### **Актуальность темы**

Технологические процессы промышленных предприятий связаны со значительными пыле- и газовойделения, что вызывает необходимость в проектировании дымовых труб и газоочистных сооружений с необходимой тягой и отводом продуктов сгорания. При этом, как правило, используются газоотводящие стволы высоты 30 – 60 метров диаметром 720-2500 мм и более.

Диссертация посвящена важной проблеме исследования влияния различных повреждений в виде коррозионного износа ствола, элементов узлов, крена ствола, обрыва и ослабления натяжения оттяжек на напряженно-деформированное состояние дымовых труб с предварительно-напряженными оттяжками. Работа относится к промышленному мониторингу технического обследования дымовых труб с включением расчетов усилий в оттяжках и напряжений в стволе в зависимости от высоты трубы, расчетов усиления лацменного узла накладками. Расчеты выполнены на основе натурных исследований дымовых труб с повреждениями, влияющими на напряженно-деформированное состояние конструкции. Наличие повреждений (коррозионный износ оболочки,

локальный износ лацменного узла с зонами сквозной коррозии, крен трубы, провисание и обрыв оттяжек) приводит к снижению несущей способности и возможному обрушению дымовых труб.

В соответствии с рекомендациями РД 03-610-03 основные положения заключения в части оценки несущей способности ствола трубы и несущих конструкций с учетом их повреждений и дефектов должны быть обоснованы соответствующими расчетами. Поэтому целью исследования диссертационной работы являлось уточнение несущей способности стальных дымовых труб на оттяжках с учетом процессов износа и технического обслуживания. Учет технического обслуживания при расчете несущей способности дымовых труб с повреждениями позволяет достаточно достоверно оценить их работоспособность и долговечность, а систематическое обслуживание, включая элементы усиления, позволяют увеличить срок эксплуатации дымовых труб и предотвратить непредвиденные аварии.

### **Структура и содержание работы**

Во введении обоснована актуальность изучаемой темы, определены цель и задачи, представлены объект и предмет исследования, а также сформулированы научная новизна и практическая ценность результатов работы. Указана связь работы с кафедральными научно-исследовательскими тематиками в части современных подходов к формообразованию и обеспечению надежности строительных металлоконструкций. Сформулированы методология и методы исследования.

В первом разделе выполнен анализ конструктивных решений дымовых труб, методы расчета нагрузок, представлены существующие методы расчета оболочек стальных дымовых труб. Рассмотрены конструктивные решения узлов дымовых труб. Приведены общие подходы к техническому обслуживанию дымовых труб.

В итоге автором сформулированы цель и задачи исследования. Разработана структурно-логическая схема проведения исследований.

Во **втором разделе** представлены результаты численных исследований дымовых труб на оттяжках. Представлено программное обеспечение, созданное автором для проведения численных исследований, которое основано на прямом численном решении системы нелинейных уравнений. Расчетная схема представлена в виде вертикального неразрезного сжато-изогнутого стержня, жестко защемленного в уровне фундамента и поддерживаемого тремя оттяжками в лацменном узле в двух уровнях. Для дымовых труб с тремя оттяжками в лацменном узле рассмотрены три направления действия ветра в плане под углами  $0^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $30^\circ$  и для четырех оттяжек два направления. под углами  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  к оси оттяжек.

Для исследования лацменных узлов разработаны расчетные схемы дымовой трубы в программном комплексе ПК LIRA-SAPR двух типов: в виде сжато-изогнутого стержня, (КЭ 10); в виде конечного элемента оболочки, моделируемого пластинами (КЭ 41, 42). Оттяжки для двух типов моделированы в пространственной схеме нелинейным стержнем (КЭ 310, нить), а для предварительного натяжения в зоне нижних опорных узлов оттяжек использован КЭ 308. На основе проведенного автором сравнительного анализа численных расчетов с использованием программного комплекса LIRA-SAPR и результатов, полученных при помощи программного модуля MathCAD, определены кольцевые, меридиональные и приведенные напряжения в лацменных узлах дымовых труб с учетом нелинейной работы оттяжек.

В **третьем разделе** представлены результаты исследования стальных дымовых труб на оттяжках по результатам натурного обследования сооружений, методика проведения этих исследований. В результате проведенного анализа состояния дымовых труб выявлено несколько значимых повреждений, оказывающих существенное влияние на несущую способность сооружений: общий коррозионный износ ствола до 50% сечения, локальный износ лацменного узла до 90%, крен

трубы до  $1/60$  высоты ствола, обрыв оттяжек и ослабление предварительного натяжения. Установлено, что в лацменных узлах наблюдается наибольшая степень коррозионного износа.

В четвертом разделе приведены результаты численных исследований несущей способности наиболее ответственных элементов оболочки дымовых труб в условиях износа. Исследования выполнены с целью разработки рекомендаций по выбору конструктивных параметров элементов усиления, которые гарантировали бы сохранение несущей способности и прочности дымовых труб. Особое внимание уделено коррозионному износу кольцевых ребер лацменного узла и ослаблению предварительного натяжения оттяжек, поскольку эти факторы оказывают влияние на безопасность эксплуатации дымовых труб. В ПК ЛИРА коррозионный износ ствола моделируется уменьшением жесткостных параметров оболочки, а зона сквозного разрушения оболочки представлена жесткостью близкой к нулю. Провисание оттяжек учитывается в виде минимального предварительного напряжения оттяжек. Установлено, что в результате накопления повреждений за длительный срок эксплуатации в лацменных узлах кольцевые и меридиональные напряжения в стволе трубы увеличиваются в 1,2 – 1,6 раза.

В пятом разделе работы автором разработаны эффективные методы технического обслуживания дымовых труб, учитывающие их воздействие на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций. Приведены конструктивные решения по восстановлению и усилению типовых дымовых труб высотой до 100 метров за счёт восстановления предварительного напряжения в оттяжках и усиления лацменного узла дымовой трубы. Разработана схема усиления лацменных узлов дымовых труб с использованием накладок, которая приводит к снижению кольцевых и меридиональных напряжений в стволе трубы в 2 раза. Приведена методика оценки технического

состояния и несущей способности дымовых труб, необходимая для принятия решений по дальнейшему техническому обслуживанию, восстановлению и усилению конструкций.

Каждый раздел завершают выводы, логически вытекающие из его содержания.

**В общих выводах** изложены основные результаты проведенного диссертационного исследования.

Материал, представленный в данной диссертационной работе, имеет четкую логическую последовательность, хорошо структурирован и организован в соответствии с требованиями. Рассматриваемая диссертационная работа является завершенным научным трудом, а представленный автореферат полно и точно отражает основное содержание диссертации.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

**Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Публикация основных результатов исследований в журналах, а также апробация их на научно-практических конференциях подтверждают обоснованность выводов и рекомендаций автора, представленных в диссертации. Успешное внедрение результатов исследования в практическую и образовательную сферу является существенным подтверждением их значимости и применимости.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается корректным использованием принципов моделирования и результатами обработки данных обследования 32 сооружений, а также внедрением результатов на предприятии ООО «ФИРМА ПРОМСТРОЙРЕМОНТ» (г. Донецк).

**Новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

– анализ результата натурных исследований дымовых труб с оттяжками показал, что основными повреждениями, влияющими на

НДС, являются общий коррозионный износ оболочки до 50%, локальный износ лацменного узла до 90%, крен трубы до 1/60 высоты ствола; провисание и обрыв оттяжек;

– уставлено, что износ в лацменных узлах дымовых труб, который состоит в коррозионном износе до 50% сечения кольцевых ребер, приводит к увеличению в них приведенных напряжений в 2 – 2,2 раза. Коррозионный износ до 50% стенки в уровне лацменного узла, а также при совместном провисание оттяжек приводят к изменению приведенных напряжений в пределах 1,4 – 2 раза.

– получены зависимости изменений усилий в оттяжках и напряжений в стволе от высоты трубы, на основании использования которых определены рациональные уровни предварительных натяжений оттяжек (60-100 МПа для 1-го уровня, 102-170 МПа для 2-го уровня) и диаметров (25-31 мм).

– усиление лацменного узла накладками позволяет уменьшить приведенные напряжения в стволе трубы в 2 раза. Однако, при натяжении провисающих оттяжек (13-15 МПа для 1-го уровня, 22-25 МПа для 2-го уровня), в кольцевых ребрах лацменного узла наблюдается увеличение приведенных напряжений в 2,8 раза. Определены зависимости напряжений от толщины листа усиления лацменного узла.

Опубликованные научные работы свидетельствуют о том, что результаты исследования представлены полностью и в открытой печати. По результатам диссертационной работы опубликовано 6 научных работ, их них 5 включены в наукометрические базы, а 1 опубликована в сборнике докладов тезисов, представленных на конференции

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов заключатся в следующем:

– разработаны и обоснованы основные положения методики

расчета безотказной работы сооружения, учитывающей особенности природно-климатических и технологических нагрузок.

– разработана методика, позволяющая оценить остаточную несущую способность дымовых труб с учётом износа и технического обслуживания.

– разработана методика технического обслуживания дымовых труб на оттяжках, которая включает восстановление оболочки ствола и замену оттяжек.

### **Вопросы и замечания по диссертационной работе**

1. При оценке несущей способности дымовой трубы не учтен вопрос устойчивости ствола трубы и элементов лацменного узла под действием сжимающей силы и неравномерного давления, нормального к боковой поверхности.

2. Из текста автореферата не ясно из какого материала выполнены оттяжки и какой модуль упругости применялся в численных расчетах.

3. На стр. 65 и стр. 70 не указаны значения ветровой нагрузки  $W_i$ , величины предельного и эксплуатационного ветрового давления, а также значения коэффициента динамичности  $C_d$ .

4. На стр. 73 диссертации в таблице сравнения результатов верифицированных расчетов (табл. 2.3) следовало бы указать «аналитический расчет с использованием программного модуля MathCAD».

5. Принятая толщина нижней части трубы, из условия прочности сечения ствола и устойчивости оболочки обшивки  $t=6$  мм, рис. 2.14 (менее 8 мм) требует дополнительного обоснования.

6. Перед установкой накладок в элементах лацменного узла следовало бы засверлить концы трещины в зоне образования сквозной коррозии.

7. На рисунках 8 и 12 автореферата указаны наибольшие приведенные напряжения в элементах лацменного узла, но не сказано какие нагрузки вошли в расчетное сочетание при определении данных загружений.

8. На рис. 22 автореферата не понятно относительно какого уровня оттяжек и при каких начальных напряжениях происходит износ в 1,4-2,2 раза.

9. В третьем и четвертом выводе следовало бы указать границы применимости расчетных формул по определению диаметра оттяжек, предварительного напряжения оттяжек и зависимости напряжений от толщины листов усиления.

Указанные замечания не снижают научную ценность рассматриваемой диссертационной работы.

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Несмотря на указанные замечания, диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную самостоятельно, на высоком уровне, на актуальную тему и содержит новые научные результаты и положения в части развития знаний, направленные на уточнение несущей способности стальных дымовых труб на оттяжках с учётом износа и технического обслуживания.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются данными экспериментальных натурных исследований, а также соответствием численных исследований действительному НДС конструкций дымовых труб.

Диссертационная работа на тему «Несущая способность дымовых труб на оттяжках с учётом технического обслуживания» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. с изменениями и дополнениями) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, и её автор Оленич Елена Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения.



Настоящим я, Давиденко Александр Иванович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук по специальности 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения», профессор кафедры проектирования сельскохозяйственных объектов

ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова».

Телефон: +7 (959)1725-84

E-mail: a.davidenko57@yandex.ru



подпись

**Давиденко Александр Иванович**

«1» сентября 2023 г.

**Сведения об организации:**

ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»

91008, ЛНР, г. Луганск, Артемовский район, городок ЛНАУ 1, тел.: +7 (8572) 97-48-72, факс: +7 (8442) 96-60-00,

E-mail: rector@lnau.su

Подпись доктора технических наук, профессора кафедры проектирования сельскохозяйственных объектов Давиденко Александра Ивановича заверяю



подпись Давиденко А.И.  
подтверждаю: Виноград С.С.  
д.ч. отдела кадров \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.