



(22)-0436-1

## УСИЛЕНИЕ ЛАЦМЕННЫХ УЗЛОВ ДЫМОВЫХ ТРУБ

**В. В. Губанов<sup>1</sup>, С. Н. Мишура<sup>2</sup>, Е. Н. Оленич<sup>3</sup>**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>ap-r\_@mail.ru, <sup>2</sup>0504712589@mail.ru, <sup>3</sup>men2404@mail.ru*

*Получена 25 февраля 2022; принята 25 марта 2022.*

**Аннотация.** В данной статье рассматривается анализ влияния повреждений в процессе износа и усиления на напряженно-деформированное состояние лацменного узла дымовой трубы. Приведены дефекты и повреждения дымовой трубы на основании обследования технического состояния строительных конструкций. Разработана расчетная модель лацменного узла дымовой трубы оболочками в ПК LIRA-SAPR 2021 с учетом выявленных дефектов и повреждений. Разработан метод усиления лацменного узла без существенного изменения конструктивных форм и расчетных схем. Приведены результаты численных исследований напряженно-деформированного состояния лацменного узла на стадии проектирования, после длительной эксплуатации и при усилении дымовой трубы. Рассмотрено влияние толщины элементов усиления на изменение напряжений в лацменном узле дымовой трубы.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, дымовые трубы, оттяжки, расчетная схема, лацменный узел, усиление конструкций.

## ПОСИЛЕННЯ ЛАЦМЕННИХ ВУЗЛІВ ДИМОВИХ ТРУБ

**В. В. Губанов<sup>1</sup>, С. М. Мішура<sup>2</sup>, О. М. Оленич<sup>3</sup>**

*ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>ap-r\_@mail.ru, <sup>2</sup>0504712589@mail.ru, <sup>3</sup>men2404@mail.ru*

*Отримана 25 лютого 2022; прийнята 25 березня 2022.*

**Анотація.** У цій статті розглядається аналіз впливу пошкоджень у процесі зносу та посилення на напружено-деформований стан лацменного вузла димової труби. Наведено дефекти та пошкодження димової труби на підставі обстеження технічного стану будівельних конструкцій. Розроблено розрахункову модель лацменного вузла димової труби оболочками у ПК LIRA-SAPR 2021 з урахуванням виявлених дефектів та пошкоджень. Розроблено метод посилення лацменного вузла без істотної зміни конструктивних форм та розрахункових схем. Наведено результати чисельних досліджень напружено-деформованого стану лацменного вузла на стадії проектування, після тривалої експлуатації та при посиленні димової труби. Розглянуто вплив товщини елементів посилення на зміну напружень в лацменному вузлі димової труби.

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, димові труби, відтяжки, розрахункова схема, лацменний вузол, посилення конструкцій.

## REINFORCEMENT OF THE PLATE ASSEMBLY OF STEEL CHIMNEYS

Vadim Gubanov<sup>1</sup>, Sergey Mishura<sup>2</sup>, Elena Olenich<sup>3</sup>

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup> ap-r\_@mail.ru, <sup>2</sup> 0504712589@mail.ru, <sup>3</sup> men2404@mail.ru*

*Received 25 February 2022; accepted 25 March 2022.*

**Abstract.** This article discusses the analysis of the impact of damage in the process of wear and reinforcement on the stress-strain state of the chimney lapel assembly. The defects and damages of the chimney are given on the basis of a survey of the technical condition of building structures. A computational model of the laminar assembly of the chimney with shells in the LIRA-SAPR 2021 PC has been developed, taking into account the identified defects and damages. A method has been developed for reinforcing the lapel assembly without a significant change in the structural forms and design schemes. The results of numerical studies of the stress-strain state of the lapel assembly at the design stage, after long-term operation and with strengthening of the chimney are presented. The influence of the thickness of the reinforcement elements on the change in stresses in the lap joint of the chimney is considered.

**Keywords:** stress state, steel chimney, guys, design scheme, lapel knot, reinforcement of structures.

### Введение

Дымовые трубы, обслуживающие различные промышленные агрегаты, являются сложными дорогостоящими сооружениями, работающие в условиях агрессивного воздействия и подвергающиеся интенсивному износу. Они имеют относительно короткий нормативный срок службы - 30 лет. Поэтому для увеличения срока службы дымовых труб необходима правильная эксплуатация, тщательное наблюдение и уход. В настоящее время предприятия металлургической промышленности имеют значительный как физический, так и моральный износ основных фондов. В связи с этим большое внимание уделяется усилению строительных конструкций, так как это дает возможность продления срока эксплуатации и предотвращения аварий. Выбор рационального решения усиления позволяет сократить сроки и трудоёмкость выполнения работ, обеспечивает качество проведения работ.

Дымовые трубы рассчитываются в виде конусных сжато-изогнутых стержней, жестко заземленных в основании, в соответствии с нормативными документами [1, 2] и справочной литературой [3, 4]. Представленные методики

расчета основаны на определении нормальных меридиональных  $\sigma_x$  и кольцевых напряжений  $\sigma_y$ . Однако, ряд изученных работ [5–10] говорит о недостатке, особенно при проведении проверочных расчётов на стадии эксплуатации, когда появляется необходимость учитывать различные виды дефектов и повреждений.

Дымовые трубы имеют свою специфику повреждаемости, а также и специфику усиления. Анализ изученных источников [3, 12–14] показал, что расчеты усиления для конкретного типа повреждения оболочек дымовых труб разработаны недостаточно.

### Описание объекта исследований

Объектом исследования являются стальные дымовые трубы для отвода дымовых газов в верхние слои атмосферы.

### Цель работы

Сравнительный анализ влияния повреждений в процессе износа и усиления на напряженно-деформированное состояние лацменного узла дымовой трубы.

### Основной материал

В работе представлена стальная труба котельной, работающая на твердом топливе, высотой  $h = 31,8$  м, построена по типовому проекту № 907-2-263.86 в 1998 г. Вид сжигаемого топлива – природный газ. Данная дымовая труба предназначена для отвода дымовых газов котельных установок.

Труба для отвода дымовых газов состоит из газоотводящего ствола, оттяжек с натяжными устройствами, фундамента. Светоограждение, скобы для подъема на трубу и рабочие площадки отсутствуют.

Ствол трубы состоит из стальных цилиндрических листов высотой  $h = 1,280$  м и толщиной  $t = 6$  мм. Диаметр трубы  $d = 500$  мм. В качестве опорной плиты применяется стальной лист с размерами в плане  $1,450 \times 1,450$  м и толщиной  $t = 20$  мм. Опорная плита крепится к фундаменту с помощью анкерных болтов М24. Для передачи усилий от ствола трубы к опорной плите служат

траверсы, выполненные из листовой стали, толщиной  $t = 10$  мм. Ствол раскрепляется оттяжками, расположенными в два яруса на отм.  $+16,000$  м и  $26,445$  м. Угол между оттяжками в плане составляет  $120^\circ$ . Для регулировки натяжения оттяжек используют талрепы. Футеровка ствола трубы по всей высоте отсутствует. Под ствол трубы устроен монолитный железобетонный фундамент. Для жесткого защемления оттяжек используются бетонные фундаменты. Труба непрерывно эксплуатируется более 20 лет. Общий вид стальной трубы приведен на рис. 1.

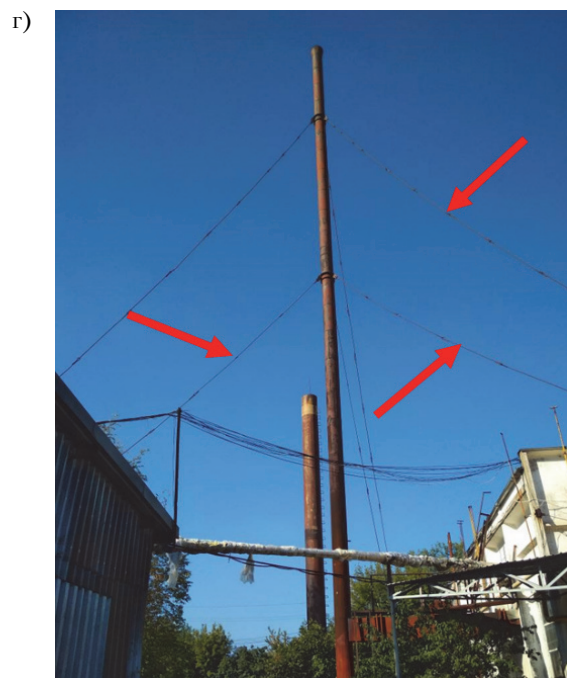
Для оценки технического состояния стальной трубы, за длительный период эксплуатации без капитального ремонта, выполнено визуальное и инструментальное обследование конструкций. Для определения степени коррозионного износа выполнена ультразвуковая толщинометрия. Замеры фактической толщины стенки проводились на разных участках по высоте конструкции.



Рисунок 1. Общий вид стальной дымовой трубы высотой 31,8 м.

В результате обследования технического состояния конструкций выявлены следующие повреждения:

– потеря поперечного сечения нижней обечайки более 50 % от проектного значения вследствие коррозионного износа (рис. 2а);



**Рисунок 2.** Характерные дефекты и повреждения стальной дымовой трубы: а) коррозионный износ нижней обечайки ствола; б) разрушение лакокрасочного слоя ствола трубы с образованием поверхностной коррозии; в) ненормативный крен ствола трубы; г) ненормативное провисание оттяжек.

- разрушение 100 % лакокрасочного слоя ствола трубы с последующим образованием поверхностной коррозии (рис. 2б);
- ненормативный крен ствола трубы (рис. 2в);
- ненормативное провисание оттяжек (рис. 2г);
- разрушение 100 % лакокрасочного покрытия оттяжек с последующим образованием поверхностной коррозии;
- сквозная коррозия в месте примыкания фансонки оттяжки к конструкции трубы (рис. 3).

Моделирование дымовой трубы выполняется с помощью программного комплекса ПК LIRA-SAPR 2021 с учетом повреждений, выявленных во время проведения обследования технического состояния конструкций дымовой трубы.

Расчетная модель дымовой трубы приведена на рис. 4.

Ствол трубы представлен в виде цилиндрической оболочки, кольцевые ребра и ребра для крепления оттяжек выполнены из пластин с размера ячеек 25×25 и 50×50 мм (рис. 6). Конструкция дымовой трубы условно разбивается на 7 равных участка по 5 м, в пределах которых действуют нагрузки. Оттяжки разбиваются по длине на 20 равных участков. Сбор действующих нагрузок на трубу и оттяжки выполнен в программном модуле Mathcad с учётом собственного веса сооружения, гололёдно-ветровой и ветровой нагрузки согласно [4].

В процессе расчета определяются деформации системы в виде перемещения узлов, нормальные

и касательные напряжения в элементах оболочки. В результате расчета на рисунке 5 представлена деформированная схема трубы при ветровой нагрузке, действующей в плоскости оттяжки.

Расчет НДС дымовой трубы выполняется по 8 расчетным сочетаниям нагрузок [11]. Максимальные напряжения в стволе возникают при расчетном сочетании – ветровая нагрузка при предельном расчетном значении температуры в теплый период года (+40 °С), без технологического нагрева ствола.

В работе подробно рассматривается один из важнейших узлов дымовой трубы – узел соединения оттяжек к стволу (рис. 6). По результатам обследования в уровне лацменного узла выявлены повреждения в виде коррозионного износа стенки до 53 % и участки со сквозной коррозией, приводящие к изменению параметров соединения. Эти повреждения связаны с переоборудованием вида котельной установки с твердого топлива на природный газ. В результате уменьшения технологического нагрева ствола от проектного, верхняя часть трубы остаётся холодной, появляется «точка россы» на 2-ом уровне оттяжек.

Зоной численного исследования является участок сопряжения цилиндра с кольцевыми ребрами (рис. 7)

На рис. 8 и 9 представлены максимальные меридиональные, кольцевые и приведенные напряжения лацменного узла при проектировании и в процессе износа.



**Рисунок 3.** Сквозные коррозионные повреждения в лацменном узле 2-го уровня оттяжек.

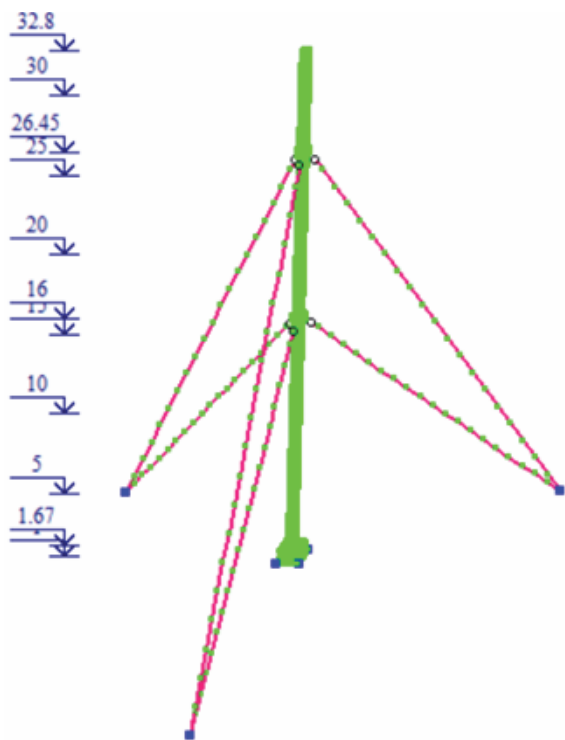


Рисунок 4. Расчетная модель дымовой трубы.

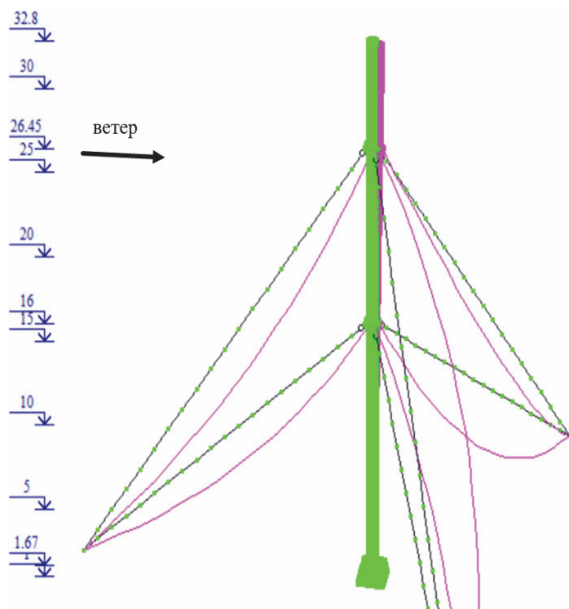


Рисунок 5. Деформированная схема модели дымовой трубы.

Дефекты и повреждения оказывают значительное влияние на напряжения в лацменных узлах. Меридиональные напряжения в стволе

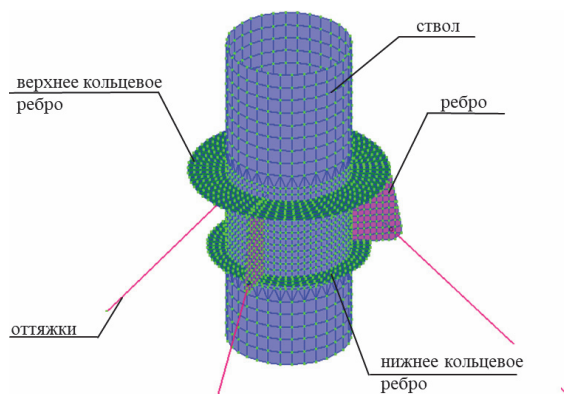


Рисунок 6. Модель лацменного узла дымовой трубы.

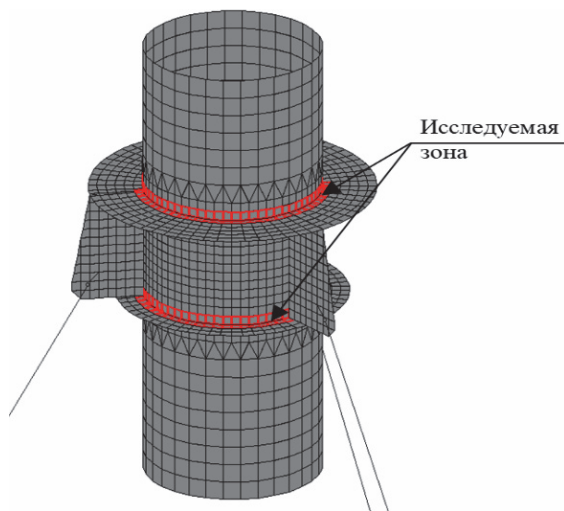
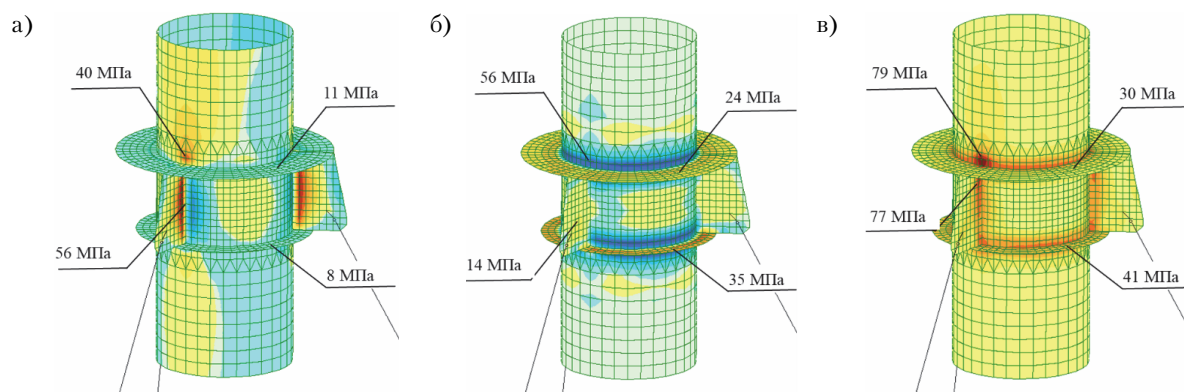
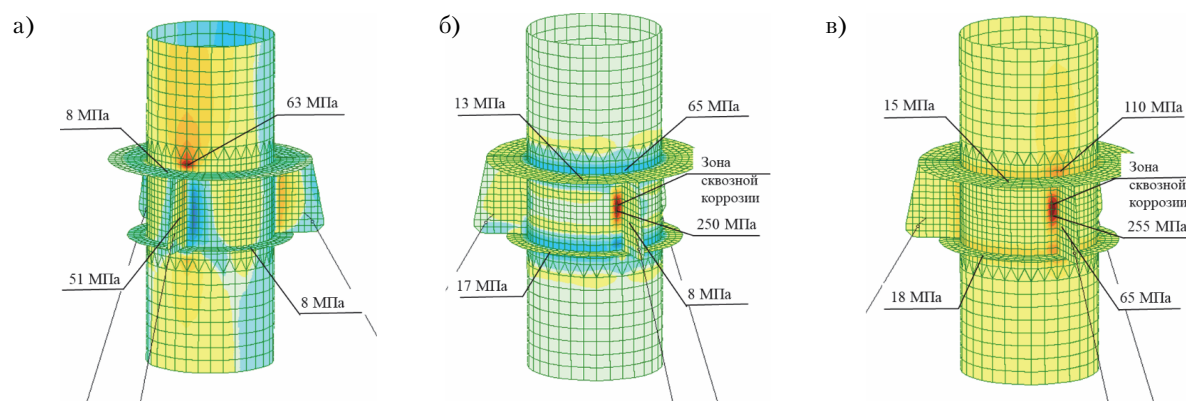


Рисунок 7. Численные исследования лацменного узла.

трубы увеличиваются на 58 %, кольцевые на 17 %. Приведенные напряжения в зоне сопряжения ствола с кольцевым ребром увеличиваются на 40 %, однако не превышают расчетное сопротивление для листового проката, из которого изготовлена труба. В процессе эксплуатации произошло ослабление предварительного натяжения оттяжек почти на 90 %. Поэтому наблюдается уменьшение в верхних кольцевых ребрах меридиональных напряжений на 27 %, кольцевых на 50 %. Максимальные приведенные напряжения уменьшаются на 50 %. В нижних кольцевых ребрах кольцевые напряжения уменьшаются на 50 %, меридиональные остаются без изменений. Приведенные напряжения в



**Рисунок 8.** Максимальные напряжения в элементах лацменного узла дымовой трубы при проектировании: а) меридиональные напряжения  $\sigma_x$ , б) кольцевые напряжения  $\sigma_y$ , в) приведенные напряжения  $\sigma_{ef}$ .



**Рисунок 9.** Максимальные напряжения в элементах лацменного узла дымовой трубы с учетом износа: а) меридиональные напряжения  $\sigma_x$ ; б) кольцевые напряжения  $\sigma_y$ ; в) приведенные напряжения  $\sigma_{ef}$ .

нижних кольцевых ребрах уменьшаются на 50 %.

Для обеспечения нормальной и безопасной эксплуатации дымовой трубы необходимо выполнить работы по восстановлению и усилению конструкций.

В данной работе актуальным является усиление лацменного узла второго уровня оттяжек методом усиления без существенного изменения конструктивных форм и расчётных схем. Однако методика расчёта усиления данного вида конструкций отсутствует. Поэтому была разработана схема усиления дымовой трубы с помощью вертикальных кольцевых ребер и накладок толщиной 6 мм, которая представлена на рис. 10, 11. Выполненное усиление лацменного узла в процессе монтажа представлено на рис. 12.

В качестве оценки влияния усиления на НДС оболочки на рис. 13 представлены максимальные напряжения в лацменном узле после усиления. Меридиональные напряжения в стволе для данного вида усиления уменьшаются на 51 %, кольцевые на 25 %. Приведенные напряжения в стволе трубы уменьшаются на 45 %.

За счет натяжения провисающих оттяжек, в верхнем и нижнем кольцевом ребре лацменного узла наблюдается увеличение меридиональных напряжений на 20–50 %, кольцевых в 2,8 раза. Приведенные напряжения в кольцевых ребрах увеличиваются в 2,8 раза и не превышают расчетное сопротивление для листового проката.

На рис. 14–16 представлены диаграммы изменения напряжений в элементах лацменного узла (ствол, кольцевые ребра) при изменении толщины накладок усиления. При увеличении

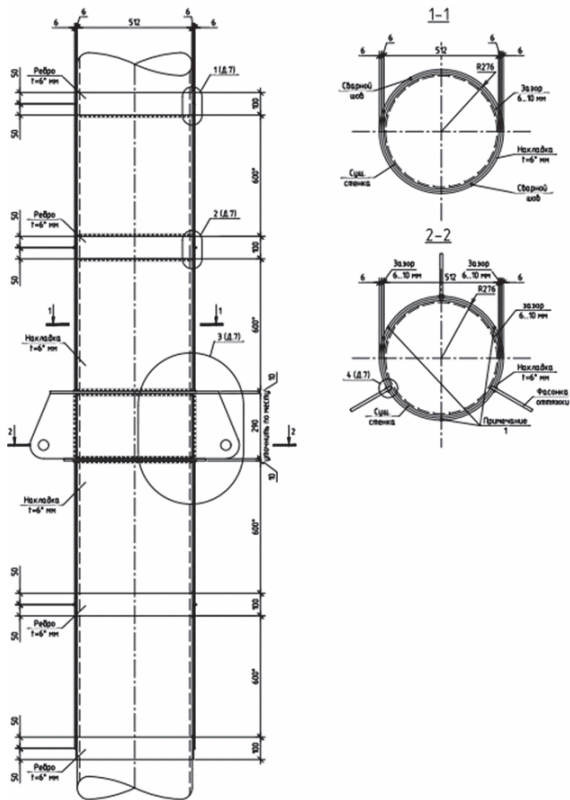


Рисунок 10. Схема элементов усиления лацменного узла.

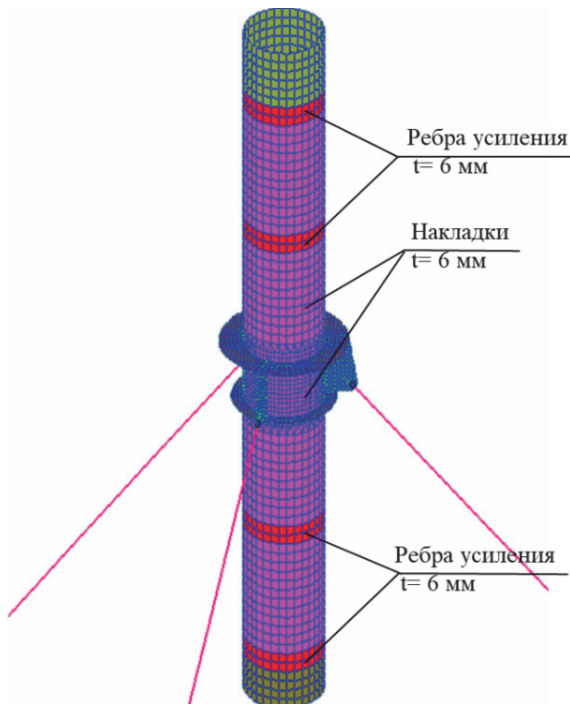


Рисунок 11. Моделирование элементов усиления в ПК Лира.



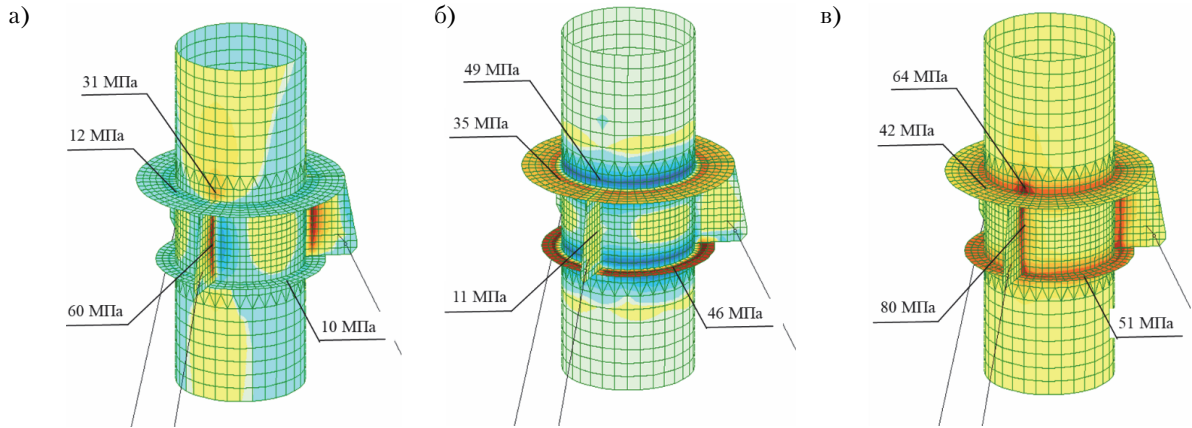
Рисунок 12. Усиление лацменного узла накладками.

толщины накладок от 5 до 10 мм меридиональные напряжения в стволе трубы уменьшаются на 25 %, кольцевые на 33 %. Приведенные напряжения в стволе трубы уменьшаются на 30%. Меридиональные и кольцевые напряжения верхнего кольцевого ребра увеличиваются на 43...51 %. Приведенные напряжения верхнего кольцевого ребра увеличиваются на 52 %. В нижнем кольцевом ребре меридиональные и кольцевые напряжения увеличиваются на 32...39 %, соответственно приведенные напряжения на 53 %.

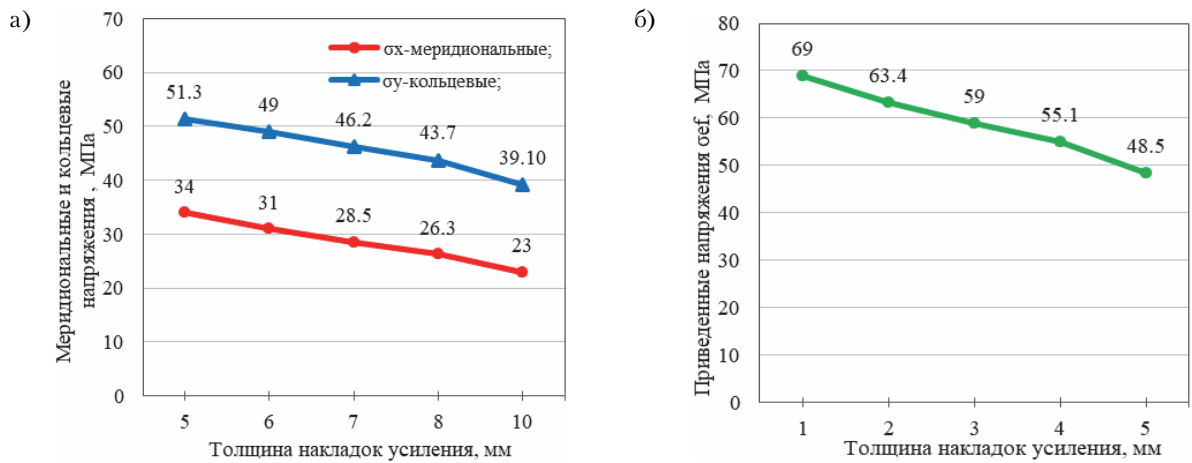
### Выводы

1. Модель дымовой трубы с оболочками в программном комплексе ПК LIRA-SAPR 2021 с учетом нелинейной работы оттяжек, позволяет определить кольцевые, меридиональные и приведенные напряжения на стадии проектирования, после длительной эксплуатации и при усилении дымовой трубы.
2. За длительный срок эксплуатации (более 20 лет) без капитального ремонта выявленные дефекты и повреждения оказывают значи-

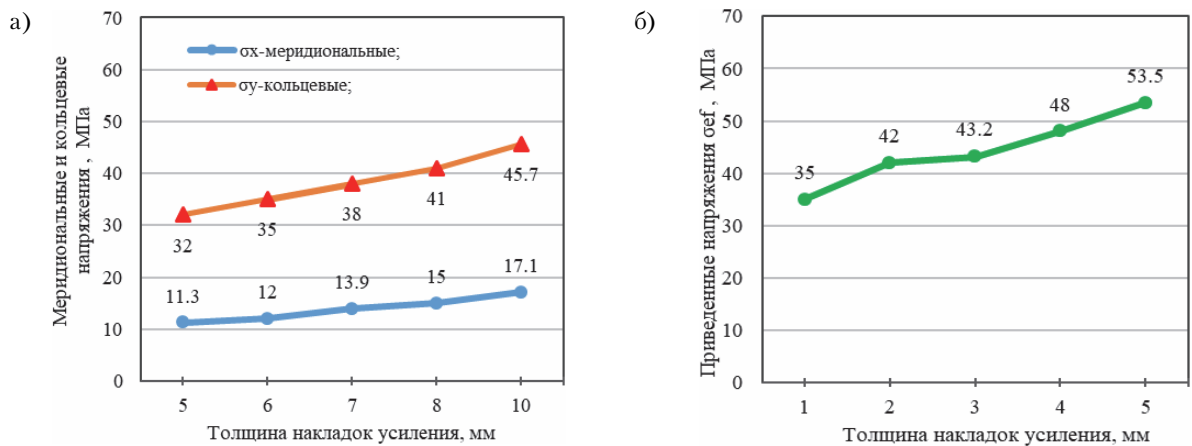




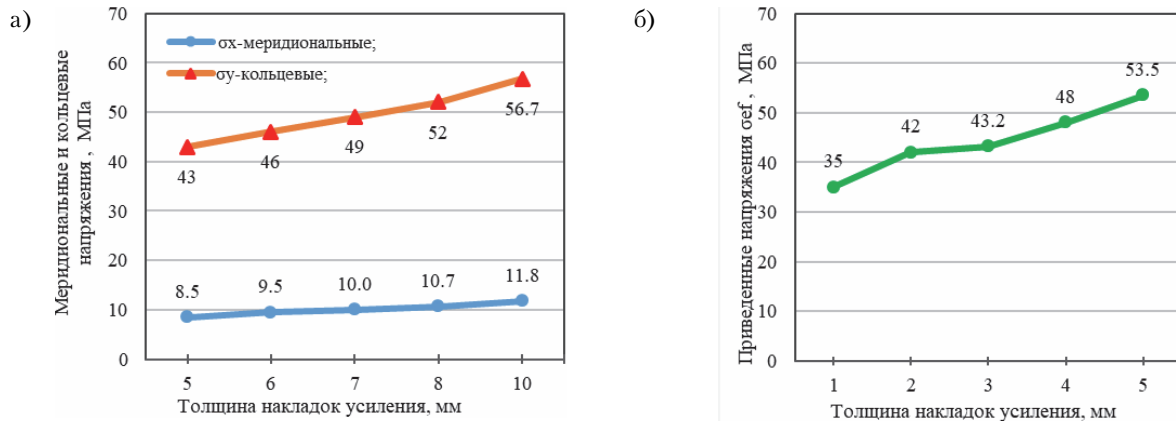
**Рисунок 13.** Максимальные напряжения в элементах лацменного узла после усиления: а) меридиональные напряжения  $\sigma_x$ ; б) кольцевые напряжения  $\sigma_y$ ; в) приведенные напряжения  $\sigma_{ef}$ .



**Рисунок 14.** Зависимость изменения напряжений в стволе трубы на участке сопряжения с верхним кольцевым ребром: а) меридиональных и кольцевых напряжений; б) приведенных напряжений.



**Рисунок 15.** Зависимость изменения напряжений в верхнем кольцевом ребре на участке сопряжения с цилиндром: а) меридиональных и кольцевых напряжений; б) приведенных напряжений.



**Рисунок 16.** Зависимость изменения напряжений в нижнем кольцевом ребре на участке сопряжения с цилиндром: а) меридиональных и кольцевых напряжений; б) приведенных напряжений.

тельное влияние на напряжения в лацменных узлах. Кольцевые и меридиональные напряжения в стволе трубы увеличиваются в 1,2–1,6 раза. Приведенные напряжения в стволе трубы увеличиваются в 1,4 раза, не превышают расчетное сопротивление для листового проката. За счет ослабления предварительного натяжения оттяжек в верхних кольцевых ребрах наблюдается уменьшение меридиональных напряжений в 1,4 раза, кольцевых в 2 раза. В нижних кольцевых ребрах кольцевые напряжения уменьшатся в 2 раза, а меридиональные остаются без изменений. Приведенные напряжения в верхних и нижних кольцевых ребрах уменьшаются в 2 раза.

3. Разработанная схема усиления лацменного узла дымовой трубы накладками ( $t = 6$  мм) позволяет уменьшить меридиональные напряжения в стволе трубы в 2 раза, кольцевые

в 1,4 раза. Приведенные напряжения в стволе трубы уменьшаются в 2 раза. При натяжении провисающих оттяжек в соответствии с типовым проектом, в верхнем и нижнем кольцевом ребре лацменного узла наблюдается увеличение меридиональных напряжений в 1,2–2 раза, кольцевых в 2,8 раза. Приведенные напряжения в кольцевых ребрах увеличиваются в 2,8 раза и не превышают расчетное сопротивление для листового проката.

4. Результаты исследования усиления показали, что увеличение толщины накладок от 5 до 10 мм оказывает влияние на изменение напряжений в лацменном узле трубы. Меридиональные и кольцевые напряжения в стволе уменьшаются на 25...33 %. Приведенные напряжения в стволе уменьшаются на 30 %. Приведенные напряжения в кольцевых ребрах увеличиваются до 53 %.

## Литература

1. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкции зданий и сооружений. Стальные конструкции. Нормы проектирования, изготовления и монтажа : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом министерства регионального развития и строительства Украины от 16 декабря 2010 г. № 521 : взамен СНиП II-23-81 кроме разделов 15-19; СНиП ИИИ-18-75 кроме разделов 3-8; СНиП 3.03.01-87 в части, касающейся монтажа стальных конструкций, кроме п.п. 4.78-4.134 : дата введения 2011-12-01 / разработан Украинским научно-исследовательским и проектным институтом

## References

1. DBN V.2.6-163:2010. Structures of buildings and structures. Steel structures. Design, manufacturing and installation standards. – Kyiv : Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, 2011. – 127 p. – Text : direct. (in Russian)
2. SP 20.13330.2016. Loads and actions. – Moscow : Ministry of Construction and Housing and Communal Services of Russia, 2016. – 110 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Yelshin, A. M.; Izhorin, M. N.; Zholudov, V. S.; Ovcharenko, Ye. G. Chimneys. – Moscow : Stroyizdat, 2001. – 296 p. – Text : direct. (in Russian)

- стальных конструкций им. В. М. Шимановского (УкрНИИпроектстальконструкция). – Киев : Минрегионстрой Украины, 2011. – 127 с. – Текст : непосредственный.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия = Loads and actions : издание официальное : утверждено и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 3 декабря 2016 г. N 891/пр : актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* : введен 2017-06-04 / разработан ЦНИИСК имени В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» при участии ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова». – Москва : Минстрой России, 2016. – 110 с. – Текст : непосредственный.
  3. Дымовые трубы / А. М. Ельшин, М. Н. Ижорин, В. С. Жолудов, Е. Г. Овчаренко. – Москва : Стройиздат, 2001. – 296 с. – Текст : непосредственный.
  4. Металлические конструкции. В 3 томах. Том 3. Специальные конструкции и сооружения : учебник для строит. вузов / Под редакцией В. В. Горева. – Москва : Высшая школа, 2002. – 544 с. – Текст : непосредственный.
  5. Губанов, В. В. Уточнение методик расчета локальных напряжений в оболочках дымовых труб и газоотводящих стволов / В. В. Губанов, А. В. Голиков. – Текст : непосредственный // Будівельні металеві конструкції: сьогодення та перспективи розвитку. БМК-2006 : V Міжнародна науково-технічна конференція (19–22 вересня 2006 р.) : доповіді. – Киев : Сталь, 2006. – С. 118–121. – Текст : непосредственный.
  6. Губанов, В. В. Расчет и конструирование газоотводящих стволов с местными напряжениями / В. В. Губанов, А. В. Голиков. – Текст : непосредственный // Вестник ДонНУАСА. – 2009. – Выпуск 2009-4(78) Башенные сооружения: материалы, конструкции, технологии. – С. 215–220.
  7. Губанов, В. В. Влияние локальной вогнутости на работу несущей оболочки высотных сооружений / В. В. Губанов, А. В. Голиков, А. Н. Кульчицкий. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2011. – Том 17, № 3. – С. 177–184.
  8. Влияние эксцентриситета стыковки царг на НДС оболочек металлических дымовых труб / В. В. Губанов, В. Н. Васылев, А. В. Голиков [и др.]. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2013. – Том 19, № 4. – С. 191–202.
  9. Губанов, В. В. Обоснование экспериментальных исследований влияния локальной вогнутости на НДС оболочек металлических дымовых труб / В. В. Губанов, А. Н. Кульчицкий, А. В. Голиков. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2013. – Том 19, № 3. – С. 163–172.
  10. Fatemi, S. M. Experiments on imperfect cylindrical shells under uniform external pressure / S. M. Fatemi, H. Showkati, M. Maali. – Текст : непосредственный // Thin-Walled Structures. – 2013. – №. 65. – P. 14–25.
  4. Metal constructions. In 3 volumes. Volume 3. Special structures and structures: a textbook for construction universities ; edited by V. V. Gorev. – Moscow : Higher School, 2002. – 544 p. – Text : direct. (in Russian)
  5. Gubanov, V. V.; Golikov, A. V. Refinement of methods for calculating local stresses in the shells of chimneys and flues. – Text : direct. – In: *Building metal structures: present and development prospects*. БМК-2006 : V International scientific and technical conference : reports. – Kyiv: Steel, 2006. – P. 118–121. (in Russian)
  6. Gubanov, V. V.; Golikov, A. V. Расчет и конструирование газоотводящих стволов с местными напряжениями. – Text : direct. – In: *Bulletin of DNACEA*. – 2009. – Issue 2009-4(78) Tower structures: materials, structures, technologies. – P. 215–220. (in Russian)
  7. Gubanov, V. V.; Golikov, A. V.; Kulchitsky, A. N. Influence of local concavity on the operation of the bearing shell of high-rise structures. – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2011. – Volume 17, № 3. – P. 177–184. (in Russian)
  8. Gubanov, V. V.; Vasylev, V. N.; Golikov, A. V. [et. al.]. Influence of the eccentricity of the joining of the tsarg on the SSS of the shells of metal chimneys. – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2013. – Volume 19, № 4. – P. 191–202. (in Russian)
  9. Gubanov, V. V.; Kulchitsky, A. N.; Golikov, A. V. Substantiation of experimental studies of the influence of local concavity on the SSS of shells of metal chimneys. – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2013. – Volume 19, № 3. – P. 163–172. (in Russian)
  10. Fatemi, S. M.; Showkati, H.; Maali, M. Experiments on imperfect cylindrical shells under uniform external pressure. – Text : direct. – In: *Thin-Walled Structures*. – 2013. – №. 65. – P. 14–25. (in Russian)
  11. Gubanov, V. V.; Olenich, Ye. N. Influence of the number of guys on the stress-strain state of steel chimneys. – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2020. – Volume 26, №3. – P. 131–142. (in Russian)
  12. DBN 362-92. Assessment of the technical condition of steel structures of industrial buildings and structures that are in operation. – Kyiv : Ukrarchstroyinform, 1995. – 18 p. – Text : direct. (in Russian)
  13. Manual for the design of steel structures (to SNiP II-23-81\* «Steel structures») / V. A. Kucherenko CSRIBS. – Москва : CISP USSR State Committee for Construction and Investment, 1989. – 148 p. – Text : direct. (in Russian)
  14. Rebrov, I. S. Strengthening of bar metal structures. – Leningrad : Stroyizdat, Leningrad branch, 1988. – 288 p. – Text : direct. (in Russian)

11. Губанов, В. В. Влияние количества оттяжек на напряженно-деформированное состояние стальных дымовых труб / В. В. Губанов, Е. Н. Оленич. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2020. – Том 26, №3. – С. 131–142.
12. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций производственных зданий и сооружений, которые находятся в эксплуатации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Госстроя Украины от 15 марта 1992 г. № 32 : введен впервые : дата введения 1992-07-01 / разработан Институтом УкрНИИпроектстальконструкция. – Киев : Укрархстройинформ, 1995. – 18 с. – Текст : непосредственный.
13. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81\* «Стальные конструкции») / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с. – Текст : непосредственный.
14. Ребров, И. С. Усиление стержневых металлических конструкций / И. С. Ребров. – Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1988. – 288 с. – Текст : непосредственный.

**Губанов Вадим Викторович** – доктор технических наук, профессор кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Член международной организации «Институт гражданских инженеров». Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, совершенствование методов расчета высотных сооружений; планирование эксплуатационного процесса строительных конструкций зданий и сооружений.

**Мишура Сергей Николаевич** – старший преподаватель кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность строительных металлических конструкций, расчет и проектирование строительных конструкций, оценка состояния существующих конструкций, усиление конструкций.

**Оленич Елена Николаевна** – аспирант кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: дымовые трубы, сравнение методик расчета дымовых труб, расчет и проектирование дымовых труб, оценка состояния существующих конструкций, усиление конструкций.

**Губанов Вадим Вікторович** – доктор технічних наук, професор кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, вдосконалення методів розрахунку висотних споруд; планування експлуатаційного процесу будівельних конструкцій будівель та споруд.

**Мишура Сергій Миколайович** – старший викладач кафедри металевих конструкцій та споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних металевих конструкцій, розрахунок та проектування будівельних конструкцій, оцінка стану існуючих конструкцій, посилення конструкцій.

**Оленич Олена Миколаївна** – аспірант кафедри металевих конструкцій і споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: димові труби, порівняння методик розрахунку димових труб, розрахунок і проектування димарів, оцінка стану існуючих конструкцій, посилення конструкцій.

**Gubanov Vadim** – D. Sc. (Eng.), Professor, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer». Scientific interests: operational reliability of building metal structures, improvement of methods of calculation of high-rise constructions; planning the operational process of building structures of buildings and structures.

**Mishura Sergey** – Senior Lecturer Department, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability of building metal structures, calculation and design of building structures, assessment of the state of existing structures, strengthening of structures.

**Olenich Elena** – Post-graduate student, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: chimneys, comparison of methods of calculation of chimneys, calculation and designing of chimneys, estimation of a condition of existing designs, strengthening of structures.