

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора Института  
архитектуры и строительства по  
научной работе Федерального  
государственного бюджетного

образовательного учреждения  
высшего образования

«Волгоградский государственный  
технический университет»

д.т.н., профессор

Бурлаченко О.В.

МП

мая

2022 г.

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации о диссертации Ихно Анны Владимировны на тему «Регулирование напряженно-деформированного состояния конструкций металлического каркаса обвязки ванных стекловаренных печей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения

### **Актуальность для науки и практики**

Стекло является важным, а в ряде случаев, незаменимым материалов в хозяйстве страны. Безаварийная работа несущих каркасов стекловаренных печей является гарантом непрерывного процесса производства и поставки продукцию потребителю.

Эксплуатация каркасов обвязки ванных стекловаренных печей осуществляется в сложных условиях, вызванных перепадами температуры окружающей каркас среды и характером реализации распора свода, что, как следствие, вызывает изменение уровня напряженно-деформированного состояния (НДС) в широком диапазоне. Условия эксплуатации каркасов стекловаренных печей создаются и регулируются исключительно человеком, практически без влияния внешних климатических условий и потому поддаются направленному регулированию. Несмотря на разработанность конструктивных схем каркасов печей изучение вопросов регулирования НДС конструкций и предложение современных конструктивных решений по снижению чувствительности каркасов к сложным условиям эксплуатации является актуальной задачей, что подтверждается ежегодной статистикой реализации повреждений.

Основное внимание в работе уделено исследованию важной задачи описания явления действительного температурного расширения кладки свода и совершенствованию методики расчета каркасов обвязки ванных стекловаренных печей с учетом параметров жизненного цикла с возможностью регулирования НДС.

Полученные в работе выводы и рекомендации по вопросам регулирования опор свода в период наращивания температурного режима позволяют оптимизировать конструкции обвязки ванных стекловаренных печей, снизить металлоёмкость и повысить безопасный срок службы.

### **Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

Основные научные результаты, полученные автором, представляющие научную новизну работы состоят в следующем:

- уточнены значения параметров напряженно-деформированного состояния конструкций металлического каркаса печи с учетом особенностей их эксплуатации;

– уточнены значения напряженно-деформированного состояния свода печи при переменном эксцентризите приложения продольной нагрузки;

– усовершенствован алгоритм формирования расчетной модели ванной стекловаренной печи в вычислительных комплексах, отличающийся от ранее реализованных подходов в части учета уточненных технологических и эксплуатационных нагрузок и методов регулирования НДС конструкций в расчетной модели за счет изменения жесткостной характеристики тяжа;

– получены уточненные значения распора свода при нагреве на основе учета коэффициента температурного расширения кладки с учетом регулирования для установленных температурных интервалов;

– получены параметры управления напряженно-деформированным состоянием конструкций металлического каркаса обвязки и свода печи;

– разработан алгоритм расчета конструкций металлического каркаса обвязки ванных стекловаренных печей по критерию удельной металлоемкости, отличающегося от ранее реализованных подходов в части учета:

- уточненной оценки несущей способности внецентренно-сжатых элементов каркаса обвязки;

- податливости опорных конструкций;

- предложенного поправочного коэффициента ( $\gamma_T$ ), учитывающего своевременную регулировку опор подвески свода печи;

- параметрами конструкций в период введения в эксплуатацию, учитывающего не своевременную регулировку опор;

- контроля уровня напряжений в своде, с проверкой внутренних усилий по условию прочности на внецентренное нагружение с определением температур возникновения предельного состояния.

Практическое значение результатов работы определяется:

– разработанными рекомендациями по расчету металлических конструкций каркаса обвязки ванных стекловаренных печей, обеспечивающих разработку оптимальных проектных решений по критерию расхода стали, базирующихся на:

- уточненной оценке несущей способности внецентренно-сжатых элементов рамы металлического каркаса стекловаренной печи, выполняемой с учетом температурных режимов эксплуатации объекта;

- алгоритме формирования расчетной схемы каркаса печи с возможностью учета влияния податливости узловых соединений с помощью «тяжей-компенсаторов»;

- алгоритме стабилизации напряжений в конструкциях в температурных интервалах технологического процесса эксплуатации по количественным значениям параметров регулирования «тяжей-компенсаторов»;

- учете возможности изготовителя к реализации разработанного проектного решения в виде плоской поперечной рамы металлического каркаса системы обвязки стекловаренной печи с учетом распора свода на всех стадиях эксплуатации.

– разработанными рекомендациями по эксплуатации сводов промышленных печей при первичном запуске, положения которых основаны на методике стабилизации напряжений в конструкциях металлической обвязки и сводов при помощи регулирования тяжей каркаса на определенное количество витков в соответствии с технологическим режимом и возможностью визуального контроля за состоянием свода в период его «выводки» при становлении температурного режима печей.

Основные результаты исследований автора опубликованы в 25 научных изданиях, в том числе 8 – в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень специализированных журналов, утвержденных ВАК МОН ДНР, 7 – изданий по материалам научных конференций.

Результаты исследования внедрены ООО «Союзтепломонтаж» при оценке напряженно-деформированного состояния элементов несущих конструкций циклона предприятия «ЭнергоЦентр» ООО ДОК «Калевала» Республика Карелия, г. Петрозаводск. Приняты и утверждены для внедрения «Рекомендации по эксплуатации сводов промышленных печей при первичном запуске» в ООО «Дебальцевский завод металлургического машиностроения».

Рекомендации приняты для экспериментального применения ООО «Южный горно-металлургический комплекс» филиал № 2 «Енакиевский металлургический завод».

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационного исследования рекомендуется использовать:

- при разработке автоматизированных систем регулирования напряженно-деформированного состояния конструкций металлического каркаса обвязки ванных стекловаренных печей;
- при выполнении экспериментальных и теоретических исследований работы стальных каркасов промышленных печей, работающих в условиях значительного градиента температур;
- при разработке проектов металлических каркасов обвязки ванных стекловаренных печей с подобными проблемами, возникающими в процессе пуско-наладочных работ;
- при разработке выпускных квалификационных работ студентами по направлению «Строительство».

### **Общие замечания**

1. В графических материалах автореферата следовало бы привести маркировку конструкций каркаса печи, как это сделано в диссертации, особенно конструкций, при помощи которых осуществляется регулирование.

2. Моделирование и расчет каркаса печи выполнено в программных комплексах SCAD Office и ПК ЛИРА-САПР; из текста работы не ясно с какой целью выполнено моделирование в двух программных комплексов и какова сходимость результатов моделирования.

3. В диссертации и автореферате указано, что для численного моделирования тяжей в ПК ЛИРА САПР применен КЭ 10 (универсальный стержень); по причине того, что тяж должен работать на растяжение и выключаться при работе на сжатие, по нашему мнению, предпочтительно применять геометрически нелинейный универсальный пространственный стержневой КЭ 310, а отпуск тяжей моделировать КЭ 308 (талреп);

4. Приведенные результаты получены при исследовании работы одной печи. С теоретической и практической точек зрения было бы ценным представить результатов работы в относительных параметрах, что позволяет экстраполировать полученные результаты для линейки каркасов печей;

5. Ценной тематикой дальнейших исследований, на наш взгляд, является разработка и патентование конструктивного решения тяжа-компенсатора, позволяющего в автоматическом режиме выполнять регулировку уровня натяжения при нагреве и охлаждении печи с исключением депланации сечения колонн (применение системы двойных тяжей), отказавшись от трудоемкого способа закручивания / раскручивания и без контроля количества витков.

Приведенные замечания в определенной степени носят характер дискуссии и не могут изменить общих положительных выводов по работе.

### **Заключение**

Диссертация Ихно Анны Владимировны представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную самостоятельно, на высоком профессиональном научном уровне, на актуальную тему и содержит новые научные результаты и положения в части развития знаний об уточнении характера изменения напряженно-деформированного состояния свода печи при нагреве и в части совершенствами методов регулирования напряженно-деформированного состояния конструкций металлического каркаса обвязки ванных стекловаренных печей.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются данными экспериментальных исследований, которые выполнены с применением современных технологий и оборудования со статистической обработкой данных, а также соответствием численных исследований действительному НДС конструкций каркаса стекловаренной печи.

Диссертационная работа на тему «Регулирование напряженно-деформированного состояния конструкций металлического каркаса обвязки ванных стекловаренных печей» отвечает требованиям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ихно Анна Владимировна, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений» Института архитектуры и строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» «25» мая 2022 г., протокол № 8.

Доктор технических наук, профессор,  
заведующая кафедрой строительных конструкций,  
оснований и надежности сооружений  
Института архитектуры и строительства  
(структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО ВолгГТУ

Пшеничкина Валерия Александровна

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры строительных конструкций,  
оснований и надежности сооружений  
Института архитектуры и строительства  
(структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО ВолгГТУ

Голиков Александр Владимирович

Институт архитектуры и строительства (структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»  
400074, Волгоград, ул. Академическая 1; телефон: (8442) 96-98-30  
E-mail: info@vgasu.ru

*Настоящим я, Пшеничкина Валерия Александровна, даю свое согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, с указанием фамилии, имени, отчества.*

Пшеничкина Валерия Александровна

*Настоящим я, Голиков Александр Владимирович, даю свое согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, с указанием фамилии, имени, отчества.*

Голиков Александр Владимирович

Личные подписи д.т.н., проф. Пшеничкиной Валерии Александровны  
и к.т.н Голикова Александра Владимировича заверяю:  
Секретарь Ученого совета Института архитектуры и строительства  
(структурное подразделение) ФГБОУ ВО ВолгГТУ,  
к.т.н., доцент

Савченко А.В.

*Настоящим я, Бурлаченко Олег Васильевич, даю свое согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, с указанием фамилии, имени, отчества.*

Доктор технических наук, профессор,  
Заместитель директора Института архитектуры  
и строительства по научной работе  
(структурное подразделение)  
ФГБОУ ВО ВолгГТУ



Бурлаченко Олег Васильевич