

DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-17-24

Шапошников В.Н., *Привезенов Н.В.

Сибирский федеральный университет

*E-mail: nikolay_privezenov@mail.ru

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОТКАНИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДЫМОВЫХ ТРУБ

Аннотация. Рассмотрено изменение эксплуатационных характеристик железобетонных дымовых труб с монолитной футеровкой при изменении традиционной технологии возведения. Суть отличия предлагаемой технологии от традиционной состоит в замене разделительного элемента бетона футеровки и несущего бетона ствола дымовой трубы. Традиционно при устройстве промышленных труб с монолитной футеровкой, как с использованием скользящей опалубки, так и подъемно-переставной, при практически одновременной укладке двух видов бетона в качестве разделительного слоя применяется стальная сетка. Предлагается заменить стальную сетку стеклотканью с нанесённым теплоизоляционным покрытием. В качестве многослойного теплоизоляционного покрытия рассмотрена тепловая изоляция типа «Броня». В работе представлен сравнительный анализ изменения распределения температурных полей по стенке дымовой трубы при внедрении указанной технологии на примере дымовой трубы Красноярской ТЭЦ-1 $h=275$ м. Установлено, что замена стальной сетки на стеклоткань с теплоизоляционным покрытием способствует улучшению физико-химических характеристик конструкции и обеспечивает более эффективный тепловой режим эксплуатации трубы. Применение данной технологии также позволит улучшить организацию строительного производства, сократить сроки и затраты на строительство, снизить материалоемкость конструкций дымовой трубы и трудоемкость работ по её возведению, уменьшить возможности появления дефектов и разрушений. Следовательно, внедрение предложенной технологии повысит надежность и долговечность конструкций промышленных железобетонных дымовых труб с монолитной футеровкой.

Ключевые слова: железобетонная дымовая труба, стеклоткань, текстиль-бетон (TRC), монолитная футеровка, дефекты и разрушения, температурное поле, керамическое теплоизоляционное покрытие.

Введение. Дымовые трубы являются обязательными высотными сооружениями многих высокотемпературных производств (металлургическое, нефтехимическое, химическое, производство строительных материалов и некоторых видов изделий) так как служат для создания тяги, способствующей протеканию технологических процессов, и снижения уровня концентрации вредных веществ в нижних слоях атмосферы. Одним из таких производств являются тепловые и атомные электростанции.

Согласно анализу возрастной структуры генерирующего оборудования тепловых электростанций России [1, 2] более половины основного оборудования электростанций, характеризуются высоким физическим износом, и более 53 % работающих на них железобетонных монолитных труб по состоянию на 2020 год выработали свой нормативный срок эксплуатации в 50 лет. Основной причиной возникновения дефектов и разрушений конструкций промышленных дымовых труб является отклонение от проектного режима эксплуатации. Помимо пиковых отклонений за счёт нарушения технологических процессов, таких как взрывы в газоходах, температурные и влажностные режимы работы дымовых труб кардинально изменились из-за смены проектных видов топлива, объемов производств, изменения

технологии производственного цикла, обусловленной модернизацией самой технологии, ужесточающийся экологической политикой правительств по всему миру и разработкой новых материалов и конструкций [3].

Замещение существующих (выработавших ресурс), а также строительство новых (потребность в которых обусловлена планируемым увеличением энергопотребления к 2040 году [4]) дымовых труб в соответствии с действующей нормативно-правовой документацией должны осуществляться с применением самых современных технологий и материалов из доступных [1].

Одним из таких материалов, к которому, по данным кураторского индекса научно-технологических журналов I findr, за последние два десятилетия лет возрастает всё больший интерес является текстиль-бетон (международная аббревиатура TRC) [5]. Совместное использование текстиля и бетона наделяет новую систему следующими преимуществами по сравнению со стальным армированием [5–7]:

- уменьшение веса и увеличение гибкости конструкции;
- повышение долговечности конструкции, в том числе при повышенных температурах и при пожаре;

- снижение возможности образования трещин;
- отсутствие коррозии.

Несмотря на большое количество публикаций в области TRC и доказанность результатов по повышению несущей способности, усилению сцепления между соединяемыми частями, задержке разрушения после отказа стальной арматуры [8, 9, 10] остается множество направлений для исследований [11].

Применение стеклоткани в строительстве промышленных дымовых труб осуществлялось и ранее, однако ограничивалось устройством изоляции на внутренней поверхности при помощи эпоксидных лаков [12]. В современном строительстве большую популярность получили дымовые трубы на основе стеклопластиков [13, 14, 15]. При этом результаты по исследованию текстиль-бетонов позволяют сделать предположение о перспективности данного направления.

Так, авторами было сделано предположение о положительном эффекте замены стальной армирующей сетки, разделяющей бетон монолитной футеровки от несущего бетона железобетонного ствола дымовой трубы на стеклоткань. Для повышения данного эффекта предлагается использование ещё одного инновационного материала – жидкой тепловой изоляции «Броня», которая представляет собой водную композицию керамических вакуумированных микросфер. Данный материал, в соответствии с ТУ 2216-006-09560516-2013 «Жидкие керамические теплоизоляционные покрытия серии «Броня», обладает уникальными характеристиками, среди которых – коэффициент теплопроводности, равный $0,001 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Предлагаемая технология включает в себя следующую последовательность:

- выставление внешней опалубки;
- армирование по слою несущего бетона;
- монтаж стеклоткани (крепление осуществляется при помощи вязальной проволоки к кольцевой и вертикальной рабочей арматуре, с обеспечением перехлеста между уровнями в 300 мм);
- послойное нанесение жидкого термостойкого покрытия «Броня» (полимеризуясь, покрытие скрывает отверстия в стеклоткани, вязальную проволоку и объединяет высотные слои стеклоткани);
- выставление внутренней опалубки;
- практически одновременная укладка бетона ствола дымовой трубы и бетона монолитной футеровки, с опережением укладки слоя бетона монолитной футеровки в 20 см.

Для метода возведения скользящей опалубкой требуется проведение дополнительных исследований и испытаний на опытных образцах

возможности начала укладки бетона до полного высыхания и полимеризации жидкого теплоизоляционного покрытия «Броня».

Методика. Для подтверждения гипотезы выполнен сравнительный анализ распределения температурных полей в стенке железобетонной дымовой трубы для двух дымовых труб. В качестве эталона для сравнения взята существующая дымовая труба высотой 275 м. (Красноярская ТЭЦ-1, дата ввода в эксплуатацию 26.10.2020 г.). Для второго варианта расчетов использовалась модель дымовой трубы, отличающаяся от эталона следующими показателями:

- стальная сетка заменена на стеклоткань с нанесенным в три слоя (по 1 мм. каждый) теплоизоляционным покрытием «Броня»;
- толщина монолитной футеровки неизменна на всей высоте от перекрытия дымовой трубы и составляет 50 мм.

Данные, необходимые для осуществления теплотехнических расчётов дымовых труб:

- объем, состав и физико-химические свойства дымовых газов и воздуха для рабочих температур;
- сведения о климатических характеристиках района;
- физико-химические свойства материалов и геометрия конструкции (за исключением оговоренного);

для модели приняты равными соответствующим показателям для эталона.

Реализация теплотехнических расчётов осуществлялась на базе сертифицированного программного комплекса «СТЕНА», в основу работы которой положены методики, описанные Ельшиным А.М., Ижориным М. Н., Жолудовым В.С., Овчаренко Е.Г. [16].

Основная часть. По результатам проведенных расчётов для четырех режимов работы каждой из дымовых труб (предельные параметры по рабочим температурам для зимнего и летнего режимов работы) построены зависимости, наглядно характеризующие распределение температур по толщине стенки дымовой трубы. Графики зависимостей расположения температурных полей для зимнего периода эксплуатации представлены на рис. 1; графики зависимостей распределения температурных полей для летнего режима эксплуатации представлены на рис. 2.

Представленные зависимости показывают, что не зависимо от времени года или режима нагрузки дымовой трубы, термическая кривая на внутренней стенке модели, по сравнению с эталоном, практически совпадает с вертикалью. Это говорит о сохранении постоянства температуры по высоте дымовой трубы и практическом отсутствии потерь тепла. Следовательно, для модели

устанавливается более эффективный тепловой режим работы, при котором обеспечивается стабильное протекание технологических процессов. Можно также заметить, что, несмотря на небольшую толщину (всего 3 мм.) за счёт низкого значения коэффициента теплопроводности покрытия «Броня» основной градиент температуры в модели смещается из футеровки в многослойное

покрытие, чем обеспечивается тепловая изоляция несущей железобетонной стенки дымовой трубы. В рассматриваемом случае происходит снижение градиента температур, от которого напрямую зависит величина термических напряжений, в несущем бетоне (минимально на 19 °С; максимально на 53 °С) и футеровки (минимально на 68 °С; максимально на 147 °С).

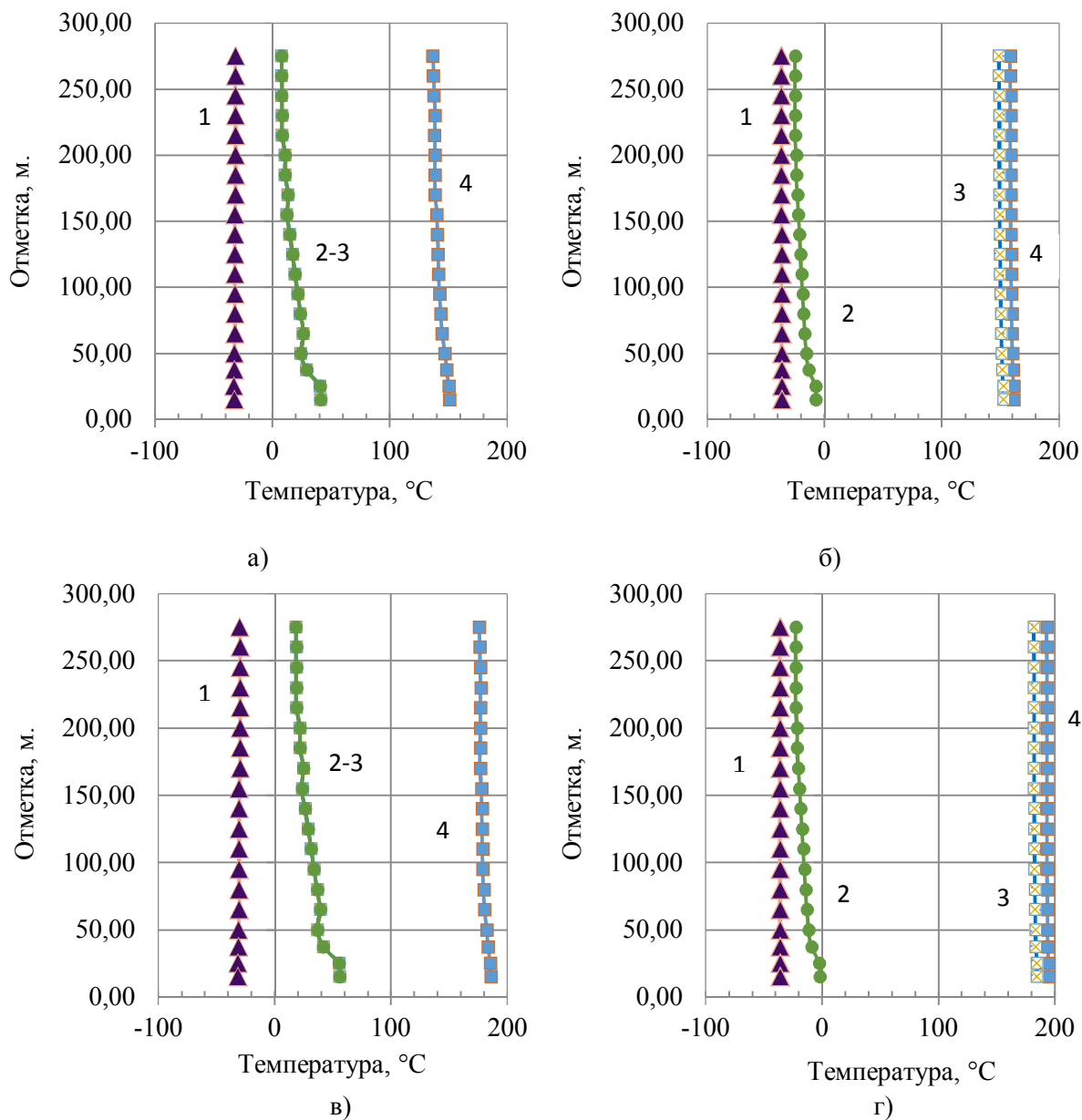


Рис. 1. Распределение температур в стенке дымовой трубы для зимнего периода эксплуатации а) для минимальной нагрузки Красноярской ТЭЦ-1; б) для минимальной нагрузки моделируемой трубы; в) для максимальной нагрузки Красноярской ТЭЦ-1; г) для максимальной нагрузки моделируемой трубы; 1 – внешняя поверхность железобетонного ствола; 2 – внутренняя поверхность железобетонного ствола; 3 – внутренняя поверхность монолитной футеровки; 4 – внутренняя поверхность дымовой трубы

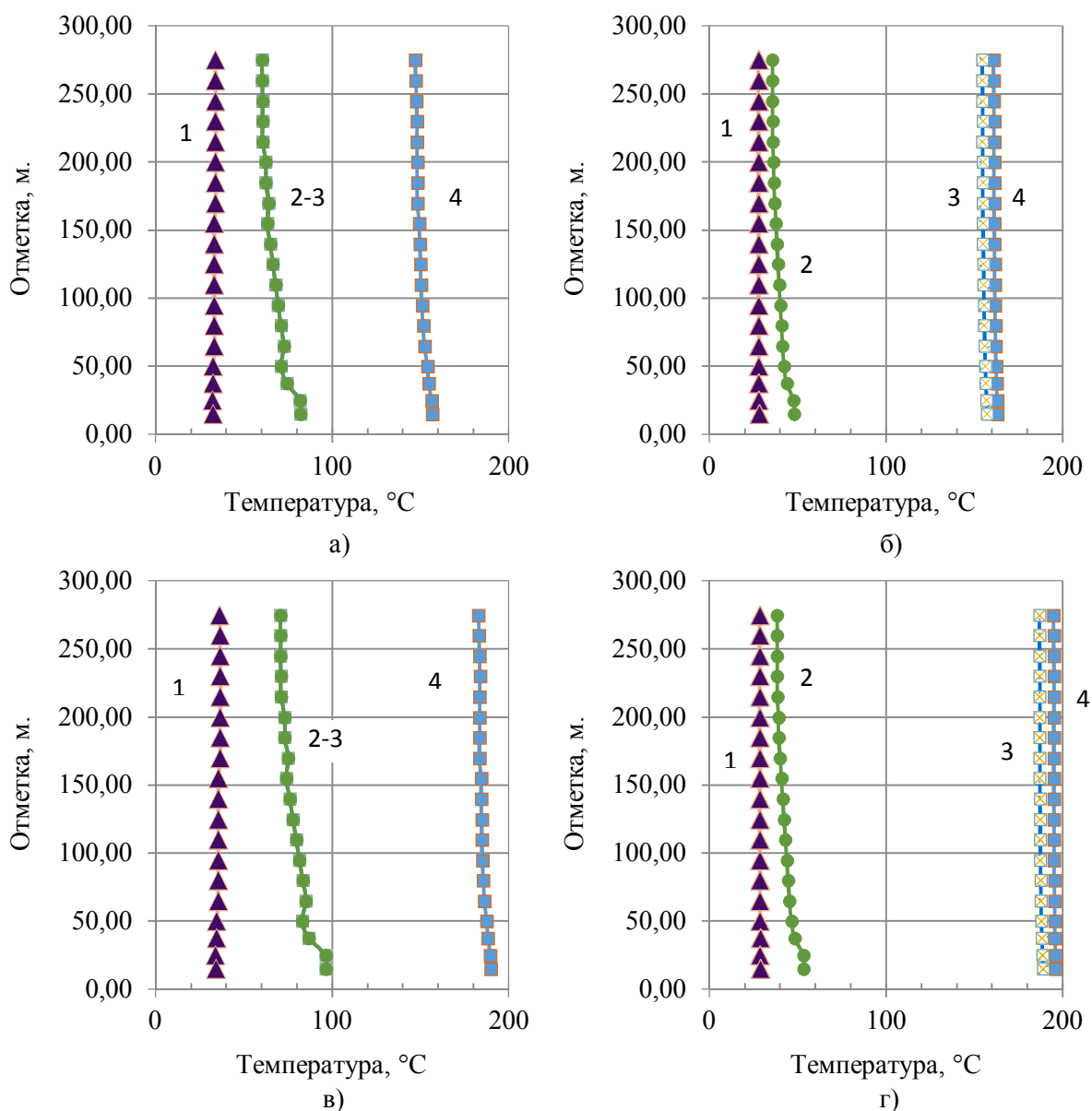


Рис. 2. Распределение температур в стенке дымовой трубы для летнего периода эксплуатации а) для минимальной нагрузки Красноярской ТЭС-1; б) для минимальной нагрузки моделируемой трубы; в) для максимальной нагрузки Красноярской ТЭС-1; г) для максимальной нагрузки моделируемой трубы; 1 – внешняя поверхность железобетонного ствола; 2 – внутренняя поверхность железобетонного ствола; 3 – внутренняя поверхность монолитной футеровки; 4 – внутренняя поверхность дымовой трубы

Из рис. 1–2 видно, что для всех режимов работы существующей дымовой трубы Красноярской ТЭС-1 температура прогрева верхних частей конструкции дымовой трубы уступает нижней, а распределение температуры в футеровке пересекает значение температуры точки росы (+127 °C). Следственно наблюдается снижение температуры по высоте дымовой трубы, поэтому возможен процесс конденсации влаги в верхних участках дымовой трубы, особенно в непроектном режиме эксплуатации и во время остановов трубы. Так как для моделируемой дымовой трубы снижение температуры газов и температуры на внутренней поверхности футеровки по всей высоте дымовой трубы незначительны, а

также за счёт высокой паронепроницаемости покрытия «Броня» минимизируются процессы фильтрации и диффузии дымовых газов. Проникновение дымовых газов через пористое тело бетона (около трети объема цементного камня) к точке внутренней поверхности дымовой трубы ниже точки росы, по мнению исследователей [17, 18] являются главным недооцененным параметром при расчёте дымовых труб, обуславливающим появление и развитие дефектов.

Смещение температурной кривой внутренней поверхности железобетонного ствола для моделируемой дымовой трубы в зимний период эксплуатации влево и переход изотермы «0» в толщину многослойного теплоизоляционного покрытия помогает избежать (происходящей с

увеличением объема) кристаллизации скопленной в порах влаги, так как за счёт структурных свойств на покрытии «Броня» не образуется конденсат.

Сдвиг основного градиента температур в сторону теплоизоляционного покрытия «Броня» минимизирует термические напряжения в бетоне, которые по убеждению изыскателей [19, 20] в совокупности с другими факторами могут привести к образованию серьезных дефектов и разрушений.

Такие свойства как низкое значение коэффициента паронепроницаемости покрытия «Броня», высокие показатели химической стойкости у стеклоткани и вакуумированных керамических микросфер покрытия «Броня» создают дополнительную химическую защиту несущего бетона. Что, по мнению авторов, позволит применять моделируемую технологию в условиях использования топлива, которое при сжигании образует более агрессивные по составу дымовые газы, а также твердые пылеватые частицы, которые обладают хорошей растворимостью. Так как одной из причин образования конденсата на поверхности внутренней стенки дымовой трубы может служить скопление на её поверхности пыли, которая характеризуется высокими значениями растворимости. При этом конденсация влаги будет происходить при влажности, которая определяет точку росы для насыщенного раствора соли, образованной гидратацией пыли.

Авторы обращают внимание на необходимость проведения дополнительных исследований по возможности применения предлагаемой технологии. В предложенной технологии изоляция «Броня» (выполняющая основную функцию по снижению градиента температур) защищена от агрессивного воздействия дымовых газов (истирающее воздействие пылевидных частиц) при помощи слоя монолитной футеровки (50 мм по всей высоте от перекрытия), при таком исполнении срок службы покрытия «Броня» предположительно составит более 50 лет (вместо 15 лет заявленных производителем). Изыскания по увеличению срока эксплуатации покрытия в предложенной технологии необходимо реализовать до воплощения предлагаемой технологии в жизнь.

Выводы. Замена стальной сетки на стеклоткань, с нанесенным на нее теплоизоляционным покрытием, в качестве разделительного элемента бетона футеровки и несущего бетона ствола дымовой трубы обеспечивает:

1. Снижение рисков преждевременного выхода из эксплуатации, и повышение сроков межремонтной работы дымовой трубы из-за несоблюдения проектного режима работы на основании:

- снижения температурного градиента по футеровке и несущему бетону дымовой трубы в каждом сечении по всей высоте дымовой трубы (снижение термических напряжений в бетоне футеровки и несущем бетоне ствола дымовой трубы);

- способности покрытия «Броня» к кратковременной пиковой нагрузке (до 30 %) без потери качества покрытия;

- снижения процессов образования трещин за счёт более высокой устойчивости стеклоткани к растяжению;

2. Установление более эффективного теплового режима работы дымовой трубы (сохранение температуры выше точки росы по всей толщине футеровки на всей высоте дымовой трубы; а также снижение падения температуры на внутренней стенке дымовой трубы по высоте, то есть увеличение тяги трубы и снижение нагрузки на дутьевые вентиляторы котла);

3. Защиту несущего бетона от диффузии газа, на молекулярном и молярном уровнях, через пористую структуру футеровки и его фильтрации за счёт низкого коэффициента паропроницаемости покрытия «Броня»;

4. Создание химического барьера для несущего бетона в случае образования на поверхности футеровки конденсата или фильтрации дымовых газов через футеровку при непроектом режиме эксплуатации за счёт высокой химической стойкости стеклоткани и вакуумированных керамических микросфер покрытия «Броня»;

5. Ликвидацию риска разрушения конструкции на границе несущий бетон – бетон монолитной футеровки по причине коррозии стали;

6. Снижение материалоемкости конструкции и трудоемкости выполнения работ за счёт уменьшения толщины монолитной футеровки и замены стальной сетки на стеклоткань;

7. Создание положительного экономического эффекта за счёт уменьшения затрат:

- на армирование по монолитной футеровке, включая стоимость арматуры и высотность работ,

- на устройство монолитной футеровки, включая стоимость бетона и высотность работ,

- на строительные-монтажные работы по монтажу разделительного элемента, учитывая меньшую стоимость стеклоткани и высотность работ;

- на логистику по доставке материалов (за счет снижения веса);

- за счёт сокращения сроков строительства (снижение массы конструкции – вес металлической сетки, вес арматуры футеровки, вес футеровки; грузоподъемные работы по доставке материалов; уменьшение фонда заработной платы ра-

бочим; ускорение ввода в эксплуатацию и обеспечение производственного процесса – более ранние сроки начала получения прибыли);

- за счёт увеличения срока службы конструкции дымовой трубы до проведения ремонтных работ (учитывается стоимость капиталовложений для осуществления ремонтных работ, с учётом инфляции, увеличения стоимости ремонтных работ и стоимости ремонтных материалов)

Благодарности. Авторы выражают признательность директору ООО «ПСФ Энерго» Корсунскому Александру Зиновьевичу за доступ к сертифицированному программному комплексу «СТЕНА».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. НДТ 2017. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии // Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям №38. 2017. 271 с.
2. Осоловский В.П. Промышленная безопасность дымовых и вентиляционных промышленных труб // Сборник научных трудов по материалам консультационно-методического семинара. Башкирская Ассоциация Экспертов. 2008. С. 16–17.
3. Пашечко А.И., Деркач С.Г., Кравчук В.А., Федотенкова И.И., Жоров В.М., Подлесняк Е.А., Рудых О.А. Дымовые промышленные трубы. Аварийность и проблемы эксплуатации // Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2015. №5(80). С. 62–65.
4. Makarov A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A. Global and Russian Energy Outlook 2019 // Moscow School of Management SKOLKOVO. 2019. Pp. 23–24.
5. Tysmans T., Wastiels J. Textile-Reinforced Cement Composites: New Insights into Structural and Material Engineering // Applied Sciences (Switzerland). 2020. Vol. 10, Iss. 2. 576.
6. Rampini, M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M. Mechanical behavior of TRC composites: Experimental and analytical approaches // Applied Sciences. 2019. №9 (7). 1492.
7. Шальнев В.М., Козлов П.Г., Гармашов И.С. Достижения в области текстиль-бетонов // Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017. С. 426–430.
8. Kim H.Y., You Y.J., Ryu G.S., Ahn G.H., Koh K T. Concrete slab-type elements strengthened with cast-in-place carbon textile reinforced concrete system // Materials. 2021. №14 (6). 1437.
9. Van L.D., Huy C.N., Huu T.D., Dang Q.N. Experimental study on structural performance of textile reinforced concrete box beams // Science journal of transportation. 2021. №11. Pp. 50–60.
10. You J, Park J, Park S-K, Hong S. Experimental Study on the Flexural Behavior of Steel-Textile-Reinforced Concrete: Various Textile Reinforcement Details // Applied Sciences. 2020. №10(4). 1425. <https://doi.org/10.3390/app10041425>.
11. Alma'aitah M, Ghiassi B, Dalalbashi A. Durability of Textile Reinforced Concrete: Existing Knowledge and Current // Applied Sciences. 2021. Vol.11, Iss. 6. 2771.
12. Рихтер Л. А. Газовоздушные тракты тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.
13. Tao W., He-jing Z., Rui-gang H., Jun W., 李 习 习 Quality control of manufacture and installation offiber reinforced plastic (FRP) exhaust inner barrel // Fiber Reinforced Plastics. 2019. №5. Pp. 66–70.
14. Мишнёв М.В. О разработке технологии изготовления стеклопластиковых цилиндрических оболочек газоотводящих трактов методом подращивания [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4218 (дата обращения: 01.07.2021).
15. Мамажонова Р.Т., Юсупова Н.А. Стеклопластики на основе кубовых остатков фурфурола модифицированного эпоксидными смолами ЭД-20 [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11082> (дата обращения: 01.07.2021).
16. Ельшин А.М., Ижорин М.Н., Жолудов В.С., Овчаренко Е.Г. Дымовые трубы. Москва. 2001. 296 с.
17. Варнашов В.В., Киселев А.А., Гребнов В.С. Расчётные исследования режимов работы кирпичных дымовых труб в условиях эксплуатации // Вестник ИГЭУ. 2016. №1. С. 1–9.
18. Акатьев В.А., Волкова Л.В., Тюрин М.П., Бородин Е.С. Учет начальных признаков критической деградации дымовой трубы в анализе риска ее разрушения // Безопасность в техносфере. 2018. Т. 7. №4. С. 11–16.
19. Maj M., Ubysz, A. The effects of thermal overload in chimney caused by insulation damage // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1706. Issue: 1: 012198. 8 p.
20. Мустяцэ В.Т., Бутенко Н.А., Вареник А.М. Исследование температурного поля и технического состояния дымовой трубы на ТЭЦ-1 г. Кишинёва // International conference Energy of Moldova – 2012. Regional aspects of development. Технический университет Молдовы. 2012. С. 135–140.

Информация об авторах

Шапошников Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологий строительства. E-mail: VShaposhnikov@sfu-kras.ru. Сибирский федеральный университет. Россия, 660041, Красноярск, пр-т. Свободный, д. 79.

Привезенов Николай Валентинович, магистрант кафедры строительных конструкций и управляемых систем. E-mail: Nikolay_Privezenov@mail.ru. Сибирский федеральный университет. Россия, 660041, Красноярск, пр-т. Свободный, д. 79.

Поступила 16.07.2021 г.

© Шапошников В.Н., Привезенов Н.В., 2021

*Shaposhnikov V.N., *Privezenov N. V.*

Siberian Federal University

**E-mail: nikolay_privezenov@mail.ru*

NEW ASPECT AT THE USE OF FIBERGLASS IN THE CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL CHIMNEYS

Abstract. *The change in the operational characteristics of reinforced concrete chimneys with a monolithic lining when changing the traditional construction technology is considered. The difference between the traditional and proposed technology is the replacement of the separating element of the concrete lining and the supporting concrete of the chimney trunk. Traditionally, when installing industrial pipes with a monolithic lining, both with the use of sliding formwork and lifting-adjustable, with almost simultaneous laying of two types of concrete, a steel mesh is used as a separating layer. It is proposed to replace the steel mesh with fiberglass with a heat-insulating coating. Thermal insulation of the "Bronya" type is considered as a multilayer thermal insulation coating. The work presents a comparative analysis of changes in the distribution of temperature fields along the chimney wall during the introduction of this technology on the example of the chimney of the Krasnoyarsk CHPP-1 $h=275$ m. It is proved that the replacement of steel mesh with fiberglass with a heat-insulating coating improves the physical and chemical characteristics of the structure and provides a more efficient thermal operation of the chimney. The use of this technology will also improve the organization of construction production, reduce construction time and costs, reduce the material consumption of chimney structures and the complication of work on its construction, reduce the possibility of defects and destruction. Therefore, the introduction of the proposed technology will increase the reliability and lifespan of the structures of industrial reinforced concrete chimneys with a monolithic lining.*

Keywords: *reinforced concrete chimney, fiberglass, textile-reinforced concrete (TRC), monolithic lining, defects and destructions, temperature field, ceramic thermal insulation coating.*

REFERENCES

1. The best available technologies 2017. Fuel burning at large installations for energy production [NTD 2017. Szhiganiye topliva na krupnykh ustanovkakh v celyakh proizvodstva energii]. Informacionno-tekhnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam. 2017. No. 38. 271 p. (rus)
2. Osolovskij V.P. Industrial safety of industrial smoke and ventilation pipes [Promyshlennaya bezopasnost' dymovyh i ventilyacionnyh promyshlennyh trub]. Sbornik nauchnyh trudov po materialam konsultacionno-metodicheskogo seminaru. Bashkirskaya Associaciya Ekspertov. 2008. Pp. 16–17. (rus)
3. Pashechko A.I., Derkach S.G., Kravchuk V.A., Fedotenkova I.I., Zharov V.M., Podlesnyak E.A., Rudykh O.A. Industrial chimneys. Accidents and operational problems [Dymovye promyshlennye truby. Avarijnost' i problemy ekspluatatsii]. Informacionnyj byulleten' Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru. 2015. No. 5(80). Pp. 62–65. (rus)
4. Makarov A.A., Mitrova T.A., Kulagin V.A. Global and Russian Energy Outlook 2019. Moscow School of Management SKOLKOVO. 2019. Pp. 23–24.
5. Tysmans T., Wastiels J. Textile-Reinforced Cement Composites: New Insights into Structural and Material Engineering. Applied Sciences (Switzerland). 2020. Vol. 10, Iss. 2. 576.
6. Rampini, M.C., Zani G., Colombo M., di Prisco M. Mechanical behavior of TRC composites: Experimental and analytical approaches. Applied Sciences. 2019. 9 (7). 1492.
7. Shalnev V.M., Kozlov P.G., Garmashov I.S. Achievements in the field of textile-concrete [Dostizheniya v oblasti tekstil'-betonov]. Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya Sbornik

dokladov Mezhdunarodnogo onlajn-kongressa. Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2017. Pp. 426–430. (rus)

8. Kim H.Y., You Y.J., Ryu G.S., Ahn G.H., Koh K T. Concrete slab-type elements strengthened with cast-in-place carbon textile reinforced concrete system. *Materials*. 2021. 14 (6). 1437. 18 p.

9. Van L.D., Huy C.N., Huu T.D., Dang Q.N. Experimental study on structural performance of textile reinforced concrete box beams. *Science journal of transportation*. 2021. 11. Pp. 50–60.

10. You J., Park J., Park S.-K., Hong S. Experimental Study on the Flexural Behavior of Steel-Textile-Reinforced Concrete: Various Textile Reinforcement Details. *Applied Sciences*. 2020. 10(4). 1425. 13 p. <https://doi.org/10.3390/app10041425>.

11. Alma'aitah M., Ghiassi B., Dalalbashi A. Durability of Textile Reinforced Concrete: Existing Knowledge and Current. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11. Iss. 6. 2771.

12. Richter L.A. Gas-air paths of thermal power plants [Gazovozdushnye trakty teplykh elektrostancij]. Moscow: Energoatomizdat, 1987. 216 p. (rus)

13. Tao W., He-jing Z., Rui-gang H., Jun W., 李 习 习 Quality control of manufacture and installation of fiber reinforced plastic (FRP) exhaust inner barrel. *Fiber Reinforced Plastics*. 2019. №5. Pp. 66–70.

14. Mishnev M.V. On the development of technology for the manufacture of fiberglass cylindrical shells of gas drainage paths by the method of growing [O razrabotke tekhnologii izgotovleniya stekloplastikovyh cilindricheskikh obolochek gazootvodyashchih traktov metodom podrashchivaniya]. AdobeAcrobatReader. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2017/4218 (date of treatment: 01.07.2021).

15. Mamazhonova R.T., Yusupova N.A. Fiberglass based on cubic residues of furfural modified with ED-20 epoxy resins [Stekloplastiki na osnove kubovykh ostatkov furfurola modifitsirovannogo epoksidnymi smolami ED-20]. AdobeAcrobatReader. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11082> (date of treatment: 01.07.2021).

16. Elshin A.M., Izhorin M.N., Zholudov V.S., Ovcharenko E.G. Chimneys [Dymovye trubyy]. Moscow. 2001. 296 p. (rus)

17. Varnashov V.V., Kiselev A.A., Grebnov V.S. Computational studies of the operating modes of brick chimneys under operating conditions [Raschyotnye issledovaniya rezhimov raboty kirpichnykh dymovykh trub v usloviyah ekspluatatsii]. *Bulletin of IGEU*. 2016. No. 1. Pp. 1–9. (rus)

18. Akatiev V.A., Volkova L.V., Tyurin M.P., Borodina E.S. Taking into account the initial signs of critical degradation of the chimney in the analysis of the risk of its destruction [Uchet nachal'nykh priznakov kriticheskoy degradatsii dymovoy trubyy v analize riska ee razrusheniya]. *Safety in the technosphere*. 2018. Vol. 7. No. 4. Pp. 11–16. (rus)

19. Maj M., Ubysz, A. The effects of thermal overload in chimney caused by insulation damage. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1706. Iss.1. 012198.

20. Mustyatse V.T., Butenko N.A., Varenik A.M. Investigation of the temperature field and the technical condition of the chimney at the CHPP-1 in Chisinau [Issledovanie temperaturnogo polya i tekhnicheskogo sostoyaniya dymovoy trubyy na TEC-1 g. Kishinyova]. *International conference Energy of Moldova – 2012. Regional aspects of development*. Technical University of Moldova. 2012. Pp. 135–140.

Information about the author

Shaposhnikov, Vladimir N. PhD, Assistant professor. E-mail: VShaposhnikov@sfu-kras.ru. Siberian Federal University. Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny ave., 79.

Privezenov Nikolay V. Master student E-mail: Nikolay_Privezenov@mail.ru. Siberian Federal University. Russia, 660041, Krasnoyarsk, Svobodny ave., 79.

Received 16.07.2021

Для цитирования:

Шапошников В.Н., Привезенов Н.В. Новый взгляд на применение стеклоткани в строительстве промышленных дымовых труб // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 10. С. 17–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-8-24

For citation:

Shaposhnikov V.N., Privezenov N.V. New aspect at the use of fiberglass in the construction of industrial chimneys. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2021. No. 10. Pp. 17–24. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-10-17-24