



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Инженерно-строительный
ИНСТИТУТ



НЕДЕЛЯ НАУКИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ИНСТИТУТА – 2026

Сборник материалов
Всероссийской конференции
6–10 апреля 2026 года

Часть 2



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Инженерно-строительный институт

НЕДЕЛЯ НАУКИ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ИНСТИТУТА – 2026

Сборник материалов
Всероссийской конференции

6–10 апреля 2026 года

Часть 2



ПОЛИТЕХ-ПРЕСС

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2026

УДК 69:624:625:626:627:72

ББК 38

Н42

Неделя науки Инженерно-строительного института – 2026 : сборник материалов Всероссийской конференции, 6–10 апреля 2026 г. В 4 ч. Ч. 2. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2026. – 539 с.

В сборник включены статьи студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников Инженерно-строительного института СПбПУ, университетов, научных организаций и предприятий Санкт-Петербурга, России, зарубежных стран по материалам докладов, принятых на секционные заседания конференции «Неделя науки Инженерно-строительного института – 2026» Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства. Статьи отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области строительства.

Представляет интерес для специалистов в различных областях знаний, учащихся и работников системы высшего образования и Российской академии наук.

Редакционная коллегия

Инженерно-строительного института СПбПУ:

М. В. Петроченко (директор института),

С. В. Алексеев, Е. Е. Алонзова, Н. Д. Беляев (ответственный редактор),

Т. А. Коряковцева, Ю. Г. Лазарев, И. С. Птухина,

Л. В. Талипова, В. А. Тарасов

ISBN 978-5-7422-9429-0 (ч. 2)
ISBN 978-5-7422-9427-6

© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2026

ЛИТЕРАТУРА

1. Chopra A.K. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering. 5th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2017. 960 p.
2. Holmes J.D. Wind Loading of Structures. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2018. 502 p.
3. Clough R.W., Penzien J. Dynamics of Structures. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2003. 752 p.
4. Gardoni P., LaFave J.M. Multi-Hazard Approaches to Civil Infrastructure Engineering. Cham: Springer, 2016. 349 p.
5. Roy T., Matsagar V.A. Multi-hazard performance of structures. Structure and Infrastructure Engineering. 2021. Vol. 17, № 4. P. 486–504.
6. Kareem A. Wind effects on tall buildings: A review of recent developments. Engineering Structures. 2002. Vol. 24, № 5. P. 559–574.
7. Li H., Zhou C. Probabilistic multi-hazard risk assessment of high-rise buildings. Engineering Structures. 2023. Vol. 278. P. 115–129.

УДК 614.841.33

А.В. Фулина, М.В. Болховитин, О.С. Коновалова, М.В. Гравит
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ УЗЛА ПРИМЫКАНИЯ ДЕРЕВЯННОГО КУПОЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ К ЖЕЛЕЗОБЕТОННОМУ КОЛЬЦЕВОМУ ПОЯСУ

В современной строительной практике клеёная древесина широко применяется при возведении большепролётных купольных покрытий спортивных арен, концертных залов и выставочных павильонов. Такой выбор обусловлен низкой плотностью материала при высокой удельной прочности, возможностью долговременного накопления углерода, а также благоприятными акустическими характеристиками [1]. Однако применение данных конструкций в зданиях с массовым пребыванием людей (классы Ф2.1-Ф3.2) сталкивается с серьёзными ограничениями по пожарной безопасности. Наиболее уязвимыми элементами являются узлы сопряжения. В этих зонах одновременно наблюдаются повышенные механические напряжения и интенсивный локальный теплообмен. Действующие нормативные документы, в частности СП 64.13330.2017, не содержат детальных методик расчёта огнестойкости именно для соединений, что может приводить к расхождению между расчетными и фактическими пределами огнестойкости [3].

Ряд экспериментальных исследований подтверждает наличие данной проблемы. В работе А.Д. Ломакина показано, что в узлах с клееными стальными стержнями температура в зоне контакта дерева и металла достигает 415 °С уже через 42 минуты нагрева, вызывая отслоение клеевого шва и выкалывание древесины [1]. Аналогичные выводы сделаны Е.Ю. Кругловым: наличие металлических элементов снижает предел огнестойкости на 15–30 % за счёт образования тепловых мостов [2]. В исследовании Schmid и др. подчёркивается необходимость учёта анизотропии теплопроводности и деградации клеевых швов при температурах выше 120–200 °С [6]. М.В. Гравит, А.И. Сердюк, Б.Б. Серков и др. в своей работе отмечают, что разрушение пространственных деревянных систем в 92 % случаев начинается именно в узлах, а не в пролётных элементах [5]. Приведённые данные подтверждают актуальность разработки численных методов прогнозирования поведения узлов при пожаре.

Целью исследования является численная оценка температурного состояния узла примыкания деревянного купольного покрытия к железобетонному кольцевому поясу при стандартном пожаре и анализ возможности обеспечения требуемого предела огнестойкости. Для достижения поставленной цели разработана расчетная схема узла примыкания деревянного купола к железобетонному кольцевому поясу, выполнено численное моделирование теплового воздействия стандартного пожара, определены температурные поля

в характерных точках конструкции, проведена оценка соответствия полученных температур нормативным предельным значениям, а также сформулированы рекомендации по обеспечению требуемого предела огнестойкости.

Методы исследования основаны на численном моделировании нестационарного теплового воздействия пожара с использованием специализированных программных комплексов. Расчет температурного режима железобетонного узла «колонна – монолитный кольцевой пояс» выполнялся в программном комплексе SOFiSTiK с применением модуля теплового анализа. Тепловое состояние примыкания деревянной конструкции купола к монолитным элементам моделировалось в программной среде ELCUT.

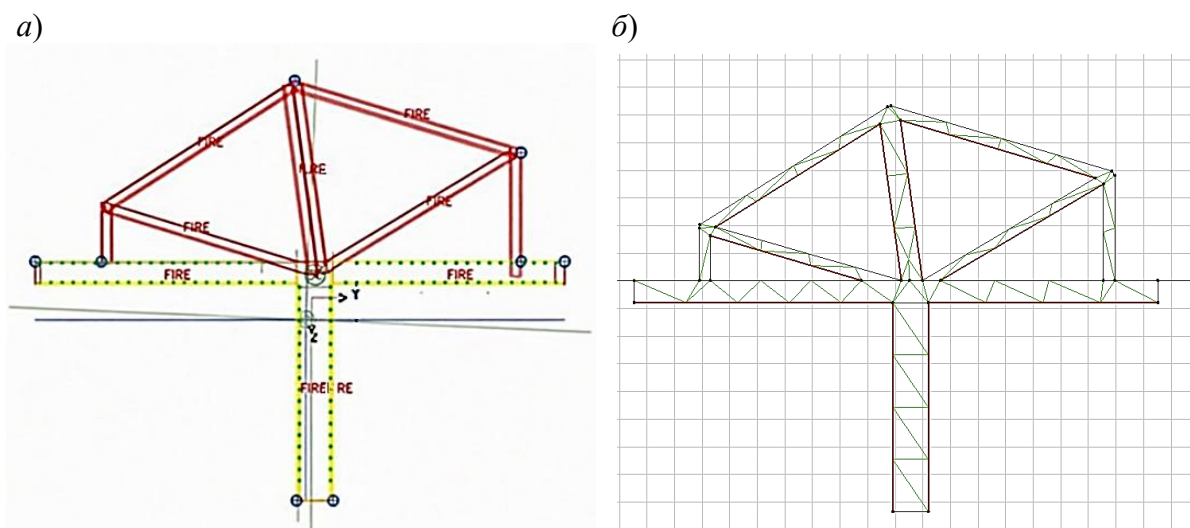


Рис. 1. Геометрическая модель и задание условий теплового воздействия в программной среде SofiPlus (a) и ELCUT (б)

В расчетной модели были заданы физико-механические характеристики материалов: бетон класса В25, арматурная сталь и древесина. Тепловое воздействие задавалось в соответствии со стандартной температурной кривой пожара. Оценка огнестойкости производилась по критерию достижения предельных температур для арматуры железобетонных элементов и по условиям термического разрушения древесины.

Результаты показали, что при расчете узла «монолитный пояс – колонна» на требуемый предел огнестойкости R45 температура арматурных стержней с обогреваемой стороны достигает 602,2 °С. Полученное значение превышает предельную температуру 500 °С, установленную нормативными требованиями СП 468.1325800.2019 для арматурной стали при оценке огнестойкости железобетонных конструкций. Это указывает на невозможность обеспечения требуемого предела огнестойкости рассматриваемого узла без применения дополнительных огнезащитных мероприятий.

Расчет температурного состояния деревянной части купольной конструкции показал, что на поверхности древесины при стандартном тепловом воздействии температура достигает 739 °С через 15 минут пожара и увеличивается до 903 °С через 45 минут. При этом температура начала термического разложения древесины (около 270 °С согласно СП 64.13330.2017) достигается уже через 4 минуты после начала огневого воздействия.

При достижении указанных температур начинается термическое разложение древесины, сопровождающееся процессами пиролиза и образованием горючих газообразных продуктов.

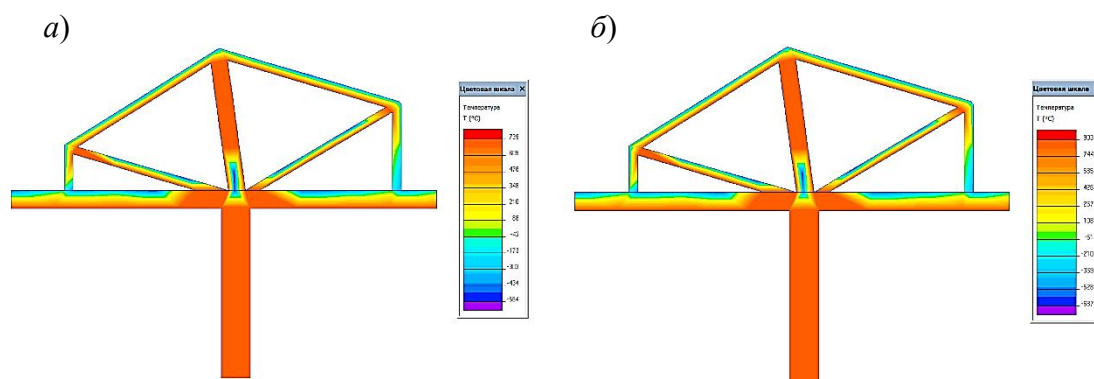


Рис. 2. Температурное поле узла примыкания деревянной конструкции через 15 мин стандартного пожара (а) и через 45 минут стандартного пожара (б)

Таблица 1 – Температура элементов конструкции при стандартном пожаре

Элемент конструкции	Время пожара, мин.	Температура, °С
Арматура колонны (обогреваемая сторона)	45	602
Поверхность древесины купола	15	739
Поверхность древесины купола	45	903
Температура начала обугливания древесины	4	~270

Анализ выявил, что наиболее уязвимыми элементами рассматриваемого узла являются участки контакта материалов с различными коэффициентами теплопроводности. Железобетонные элементы обеспечивают относительно более медленное повышение температуры, однако прогрев арматуры в зоне обогрева происходит достаточно интенсивно, что приводит к достижению критических температур ранее требуемого времени огнестойкости. В деревянной части конструкции наблюдается быстрый нагрев поверхности и раннее достижение температуры начала обугливания, что существенно ограничивает время сохранения несущей способности элемента без дополнительной защиты.

Результат подтвердил необходимость применения дополнительных огнезащитных мероприятий для обеспечения нормативных требований по огнестойкости рассматриваемого узла. Для железобетонных элементов целесообразно увеличение защитного слоя бетона или применение огнезащитных покрытий, позволяющих снизить скорость нагрева арматуры. Для деревянных элементов купольной конструкции рекомендуется использование огнезащитных составов либо конструктивных решений, замедляющих прогрев и процесс обугливания древесины. Реализация указанных мероприятий позволит обеспечить требуемый предел огнестойкости и повысить пожарную безопасность здания.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ломакин А.Д. Защита большепролетных несущих клееных деревянных конструкций. М.: Стройиздат, 2015. 118 с.
2. Круглов Е.Ю. Огнестойкость ограждающих деревянных легких каркасных конструкций с полимерной теплоизоляцией: дис. ... канд. техн. наук. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2017. 128 с.
3. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. М.: Минстрой России, 2017. 94 с.
4. EN 1995-1-2:2004. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1-2: General – Structural fire design. Brussels: CEN, 2004. 80 p.
5. Гравит М.В., Сердюк А.И., Серков Б.Б. и др. Методы определения огнестойкости конструкций деревянного каркаса // Инженерно-строительный журнал. 2019. № 1 (85). С. 92–106.
6. Schmid J., Fragiaco M., Buchanan A.H. Simulation of the Fire Resistance of Cross-laminated Timber (CLT) // Fire Technology. 2018. Vol. 54, № 5. P. 1113–1148.
7. Овчинников И.А. Огнестойкость деревянных конструкций // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18, № 3. С. 21–30.