

УДК 624.014.2:699.81

А. М. ЮГОВ, Н. Ю. МАКСИМОВ, Ю. Р. РЫБ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

УСТРОЙСТВО ПАССИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. В статье описано изменение прочностных и жесткостных характеристик стальных конструкций от влияния высоких температур, возникающих при пожаре, на работу стальных конструкций. Описаны различные способы огнезащитной изоляции стальных конструкций. Рассмотрены различные группы огнезащитных материалов для пассивной огнезащиты. Их физические свойства, область применения, особенности монтажа, присущие им преимущества и недостатки, их влияние на окружающую среду и здоровье человека, а также особенности эксплуатации.

Ключевые слова: стальные конструкции, огнезащитная изоляция, огнестойкость, огнезащитная эффективность, пассивная огнезащита.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Сталь представляет собой негорючий материал, однако высокие температуры, возникающие во время пожара, значительно влияют на ее прочностные и жесткостные характеристики. При повышении температуры до 250 °С прочность стали возрастает. При достижении 400 °С прочность стали возвращается к своему исходному значению. При дальнейшем повышении температуры показатели прочности и жесткости стали снижаются. Согласно ГОСТ Р 53295-2009 температура 500 °С является критической и по достижении данной температуры стальные конструкции теряют свою несущую способность при нормативной нагрузке. В связи с чем в современном строительстве существуют различные способы огнезащиты, которые применяют для повышения огнестойкости стальных конструкций.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работе [1] Л. Н. Вахитова и К. В. Калафат рассматривают эффективность применения в качестве огнезащитной изоляции классических строительных материалов: бетона, штукатурных смесей, каменных изделий и т. д. Описаны преимущества и недостатки данного метода огнезащиты. В работе [2] авторами были рассмотрены различные способы огнезащиты строительных конструкций с использованием как классических, так и специализированных строительных материалов, их область применения, преимущества и недостатки.

СПОСОБЫ ОГНЕЗАЩИТЫ. ОГНЕЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ОСОБЕННОСТИ ИХ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Огнестойкость строительных конструкций регламентируется СНиП 21-01-97* [3] по времени (в минутах) наступления одного или нескольких предельных состояний:

R – потеря несущей способности конструкции;

E – потеря целостности конструкции в результате образования под воздействием огня сквозных трещин и отверстий;

I – потеря теплоизолирующей способности конструкции под воздействием огня.

Различают две основные группы способов огнезащиты: – активные и пассивные.

Активные способы огнезащиты предназначены для предупреждения и тушения пожара. К активным способам относятся: пожарные сигнализации, автоматические системы пожаротушения, системы дымоудаления и т. п.

Пассивные способы предназначены для повышения предела огнестойкости стальных конструкций при помощи использования как классических строительных материалов, таких как бетон и кирпич, так и специальных огнезащитных материалов. Согласно ГОСТ Р 53295-2009 основная характеристика огнезащитных материалов – это огнезащитная эффективность, которая в зависимости от времени наступления одного из предельных состояний подразделяется на 7 групп:

- 1-я группа – не менее 150 мин;
- 2-я группа – не менее 120 мин;
- 3-я группа – не менее 90 мин;
- 4-я группа – не менее 60 мин;
- 5-я группа – не менее 45 мин;
- 6-я группа – не менее 30 мин;
- 7-я группа – не менее 15 мин.

В данной работе рассматриваются пассивные способы огнезащиты стальных конструкций.

Существует несколько различных типов пассивной огнезащиты, такие как: каменные ваты, листовые и плитные облицовки и экраны, огнезащитные пасты и штукатурки, огнезащитные составы терморасширяющегося типа (краски) и т. д. Каждый из перечисленных типов огнезащиты обладает своими преимуществами и недостатками. Рассмотрим некоторые из них в отдельности.

1. Каменные ваты

Одним из распространенных материалов для огнезащитной изоляции стальных конструкций являются базальтовые ваты. Данный материал имеет сравнительно легкий вес ($\rho = 165 \text{ кг/м}^3$) и при этом обеспечивает достаточно высокую огнезащитную эффективность (рис. 1–2). Срок службы огнезащитной изоляции из минераловатных плит при эксплуатации в условиях внутри отапливаемого кондиционированного помещений составляет не более 30 лет, а срок службы при эксплуатации в условиях ограниченной атмосферы умеренного климата равен не более 20 лет.

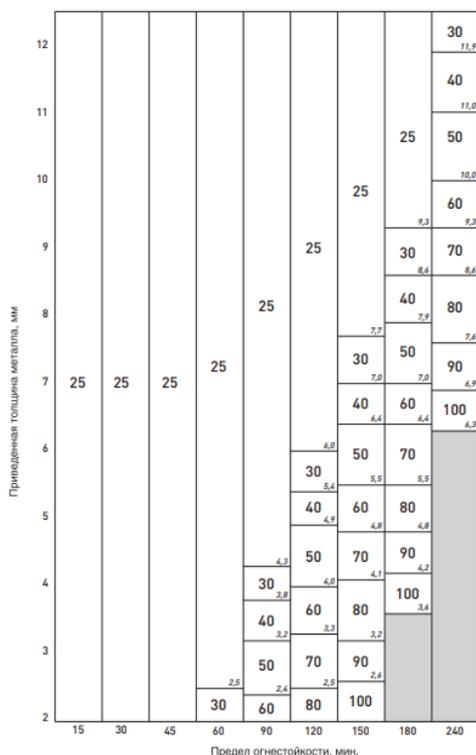


Рисунок 1 – Толщина огнезащитной изоляции ROCKWOOL в зависимости от предела огнестойкости и приведенной толщины металла.

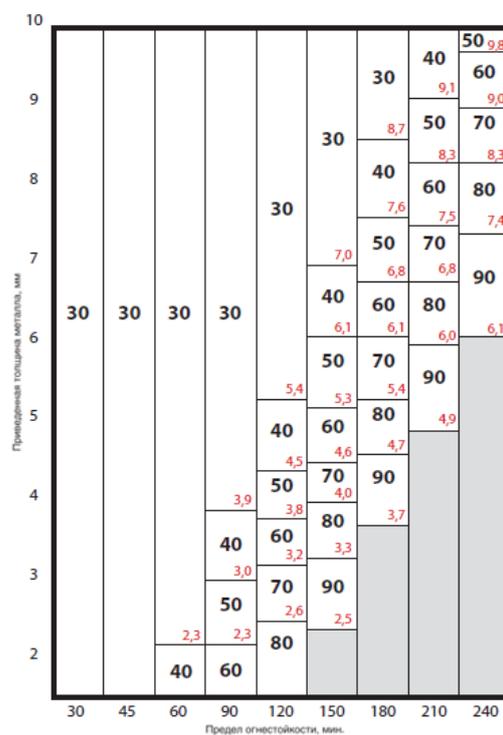


Рисунок 2 – Толщина огнезащитной изоляции ТЕХНОНИКОЛЬ в зависимости от предела огнестойкости и приведенной толщины металла.

Принцип устройства огнезащитной изоляции из минераловатных плит показана на рисунке 3.

Данный метод огнезащиты имеет ряд существенных недостатков: значительное увеличение строительного объема изолируемой конструкции; ограниченная область применения (колонны, стойки,

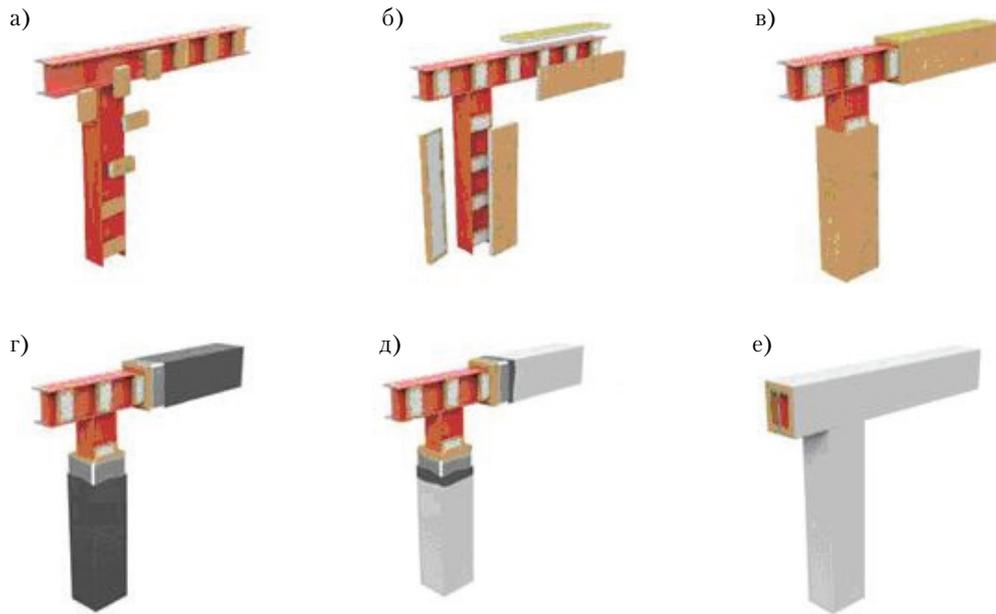


Рисунок 3 – Схема устройства огнезащитной изоляции из минераловатных плит: а) На торцы предварительно заготовленных вставок, наносится слой клея минимальной толщиной 2 мм. Вставки закрепляются в распор между полками двутавра. Максимально допустимое расстояние между вставками составляет 600 мм. После установки вставок необходимо выдержать 12 часов для высыхания клея; б) На лицевую сторону закрепленных вставок наносится клей слоем не менее 2 мм. Подготовленные части облицовки с нанесенным на них клеем фиксируются на уже смонтированные плиты при помощи гвоздей. Длина гвоздей должна быть в 2 раза больше толщины применяемого материала. Все стыки промазываются клеем; в) Подготовленная часть облицовки прикладывается со стороны полки двутавра и фиксируется при помощи гвоздей с закреплением в части облицовки. После высыхания клея гвозди удаляются либо их шляпки укрываются слоем клея; г) Подготовка армирующей стеклотканевой щелочестойкой сетки в нанесенный раствор. Для достижения более высокого уровня ударной прочности все наружные углы армируются специальным профилем из ПВХ с сеткой; е) Нанесение декоративного штукатурного слоя. Окраска декоративного слоя для придания необходимого оттенка.

балки); значительные затраты времени и трудозатраты на монтаж огнезащитной изоляции и последующие отделочные работы; минераловатные плиты плохо поддаются финишной отделке из-за низкой совместимости со штукатурными составами и лакокрасочными покрытиями; при наличии искривлений поверхности, а также сложной геометрической форме поверхности (например, как у двутавра) расход огнезащитного материала существенно возрастает из-за необходимости заполнения пустот и выравнивания поверхности.

К вышеперечисленным недостаткам стоит добавить, что каменные ваты также обладают вредными свойствами. Состоящие из базальта и смол волокна при монтаже и эксплуатации частично разрушаются и в воздух выделяются незаметные глазу частицы и пары вредных веществ, которые со временем могут привести к серьезным заболеваниям.

2. Листовые и плитные облицовки и экраны

В качестве огнезащиты стальных конструкций могут использоваться различные листовые и плитные материалы, такие как гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, асбестоцементные и перлито-фосфогелиевые плиты, плиты на основе вспученного вермикулита.

Наиболее распространенными из листовых огнезащитных материалов являются огнестойкие гипсокартонные листы. Особенности данных листов являются [7], [8]:

- размеры 1 250×2 500 мм, толщина только 12,5 мм;
- маркировка: красный или розовый внешний картон;
- один лист может выдерживать до 60 минут открытого огня, при этом не распространяя дым и горение;
- способность материала «дышать», регулируя уровень влажности в помещении;
- материал не содержит токсичных компонентов и имеет кислотность, аналогичную кислотности человеческой кожи.

Монтаж огнестойких ГКЛ также имеет свои особенности, такие как [7]:

- листы крепятся только на металлический каркас;
- используются крепежные саморезы длиной 20...25 мм.
- шаг саморезов не должен превышать 120 мм (в сравнении с обычным шагом в 250–300 мм);
- на угловых стыках конструкций из гипсокартона в обязательном порядке делают монтаж с использованием алюминиевого или стального перфорированного уголка, применять пластиковый уголок не допускается;
- при отделке рекомендуется применять финишную шпаклевку на полимерной основе.

К достоинствам данного вида огнезащиты можно отнести достаточно высокую скорость и низкую трудоемкость монтажа. Обеспечение достаточно высокой огнезащитной эффективности R60 – при толщине 12,5 мм и R120 – при монтаже ГКЛ в два слоя, экологическая безопасность материала. Достаточно длительный срок службы материала, не менее 25 лет [9].

Недостатками огнестойких ГКЛ являются: значительное увеличение объема изолируемой конструкции; ограниченная область применения (колонны, стойки, балки); перерасход материала при защите конструкций с низким уровнем требуемого предела огнестойкости (R15, R30) и высокий уровень паропроницаемости.

3. Огнезащитные пасты и штукатурки

Огнезащитная изоляция стальных конструкций может осуществляться обмазкой огнезащитными пастами и штукатурками.

Огнезащитные пасты и штукатурки отличаются от цементно-песчаных шпатлевок и штукатурных смесей тем, что их изготавливают на основе силикатного жидкого стекла, строительного гипса, глиноземистого цемента, на пуццолановых цементах и не используют портландцемент в качестве вяжущего. Это обусловлено тем, что при затвердевании штукатурной смеси портландцемент выделяет гидроксид кальция, который при возникновении пожара и повышении температуры до 550 °С разлагается, а затем влага, попадающая на конструкцию при тушении пожара, вызывает реакцию, при которой продукт гидратации в два раза увеличивается в объеме. Гашеная известь «рвёт» поверхностный штукатурный слой, образуются «дутики», трещины, которые способствуют проникновению огня внутрь конструкции [6].

Огнезащитные штукатурки наносятся на предварительно огрунтованные, обеспыленные и обезжиренные конструкции торкретированием (рис. 4–5), слоями толщиной 10...12 мм. Межслойная выдержка составляет 15–20 минут.

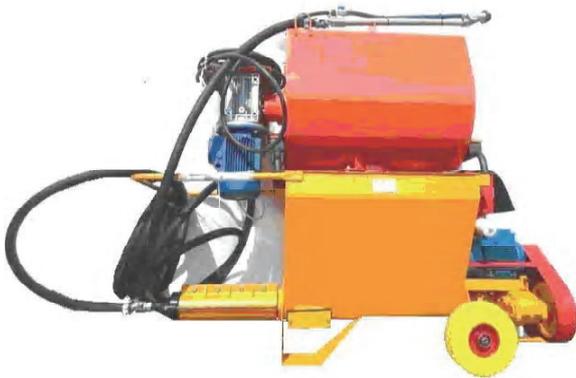


Рисунок 4 – Торкрет-машина с бункером для предварительного смешивания.



Рисунок 5 – Нанесение штукатурной смеси.

К достоинствам огнезащитных штукатурок относятся: обеспечение высокой огнезащитной эффективности, вплоть до четырех часов (при толщине слоя не более 60 мм); температурный режим эксплуатации – от –40 до +50 °С, долговечность эксплуатации – 50 лет и более.

К недостаткам данного вида огнезащиты относятся: значительное увеличение строительного объема и веса конструкций и как следствие, увеличение нагрузки на фундаменты; ограниченная область применения, составы не могут быть нанесены на конструкции сложной конфигурации (фермы, связи и т. д.); высокая трудоемкость и стоимость производства работ; потери могут составлять 10...25 %

в зависимости от вида и расположения обрабатываемой конструкции, скорости подачи состава из распылителя и квалификации персонала.

4. Огнезащитные краски

Принцип действия огнезащитных красок состоит в образовании пористого термоизолирующего слоя в результате увеличения температуры при пожаре (рис. 6). Под воздействием высоких температур краска значительно увеличивается в объеме до 10–40 раз и обеспечивает огнезащитную эффективность от R30 до R90.



Рисунок 6 – Нагрев загрунтованной грунтом ГФ-021 стальной пластины толщиной 0,8 мм, покрытой огнезащитным составом толщиной слоя 0,8 мм до 500 °С в муфельной печи.

Особенности устройства огнезащитной изоляции конструкций с помощью красок [11]: краска наносится на очищенные, обеспыленные, обезжиренные и огрунтованные конструкции методом безвоздушного распыления, кистью или валиком; при нанесении первого слоя краски толщина мокрой плёнки не должна превышать 0,3 мм; при нанесении последующих слоёв толщина мокрой плёнки не должна превышать 0,8 мм в один слой; межслойная сушка при различных методах нанесения должна составлять не менее трех часов при температуре +20 °С и относительная влажность воздуха не более 80 % (нанесение краски кистью или валиком увеличивает время высыхания на 20...25 %). Перед нанесением последующего слоя необходимо убедиться, что краска на поверхности высохла.

К достоинствам огнезащитных красок относятся: широкая область применения (фермы, балки, связи, колонны и т. д.); возможность применения в качестве финишного отделочного слоя, сохранение габаритов изолируемой конструкции; обеспечение достаточно высокой огнезащитной эффективности при малой толщине слоя.

Недостатками огнезащитных красок являются: продолжительность срока эксплуатации, не более 25 лет (гарантийный срок у большинства производителей не превышает 15 лет); также для нанесения огнезащитных красок требуется высокая квалификация рабочего персонала.

ВЫВОДЫ

На сегодняшний день существуют разнообразные активные и пассивные способы огнезащитной изоляции стальных конструкций. Каждый вид огнезащитных материалов обладает своими уникальными особенностями, преимуществами и недостатками. Поэтому выбор конкретного вида огнезащиты определяется исходя из технологических, экономических, санитарно-гигиенических и архитектурных параметров как объекта в целом, так и конструктивного элемента в частности.

В дальнейшем планируется разработать методику наиболее рационального выбора типа огнезащитной изоляции исходя из факторов огнезащитной эффективности, стоимости, долговечности, трудоемкости и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахитова, Л. Н. Конструктивная огнезащита стальных каркасов зданий. Технические рекомендации для проектирования [Текст] / Л. Н. Вахитова, К. В. Калафат. – Киев: УЦСС, НПП Интерсервис, 2015. – 67 с. – ISBN 978-617-696-371-4.
2. Способы защиты строительных конструкций от огневого воздействия [Текст] / Е. С. Недвига, К. И. Соловьева, С. С. Киселев // Молодой ученый. – 2015. – № 24. – С. 160–161.
3. СНиП 21-01-97* Строительные нормы и правила. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85* ; введ. 1998-01-01. – Москва : Центр проектной продукции в строительстве, 2002. – 29 с.
4. ГОСТ Р 53295-2009. Средства огнезащиты для стальных конструкций [Текст]. – Введен впервые ; введен 2010-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 11 с.
5. Антипирены и огнезащитные краски [Электронный ресурс] // Инфрахим. – [М. : б. и.]. – Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.infracim.ru/sprav/spravochnik/srav/antipireny_i_ognezashchitnye_kraski/.
6. Огнезащитные пасты и штукатурки [Электронный ресурс] // Инфрахим. – [М. : б. и.]. – Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.infracim.ru/sprav/spravochnik/srav/ognezashchitnye_pasty_i_shtukaturki/.
7. Характеристики и особенности применения огнестойких типов гипсокартона [Электронный ресурс] // Блог о гипсокартоне. [Б. м. : gipsokarton-blog.ru]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <http://gipsokarton-blog.ru/instrument-i-materialy/ognestojkiy-gipsokarton.html>.
8. Кнауф-лист, огнестойкий [Электронный ресурс] // Кнауф. – [Б. м. : ООО «КНАУФ ГИПС»]. – [2018]. – Электрон. дан. – Режим доступа : https://www.knauf.ru/catalog/find-products-and-systems/knauf-list-ognestojkiy-gsp-df.html#showtab-tab_1051_2l.
9. Гипсокартон Кнауф: свойства и тонкости использования [Электронный ресурс] // Storypodskazka. – [Б. м. : Stroy-Podskazka.Ru]. – [2015–2018]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.stroy-podskazka.ru/otdelochnye-materialy/gipsokarton/knauf/>
10. Огнезащитная краска [Электронный ресурс] // Goodhim. – [Б. м. : Stroy-Podskazka.Ru]. – [2015–2018]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://goodhim.com/ognezashchitnaya-kraska.html>.
11. Особенности нанесения огнезащитных покрытий на металлические конструкции [Электронный ресурс] // Оберег. – [Б. м. : б. и.]. – [2017]. – Электрон. дан. – Режим доступа : <https://zpo-obereg.ru/articles/274/>.

Получено 12.10.2018

А. М. ЮГОВ, М. Ю. МАКСИМОВ, Ю. Р. РИБ
УЛАШТУВАННЯ ПАСИВНОГО ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті описано зміну міцнісних і жорсткісних характеристик сталевих конструкцій під впливом високих температур, які виникають при пожежі, на роботу сталевих конструкцій. Описані різні способи вогнезахисної ізоляції сталевих конструкцій. Розглянуто різні групи вогнезахисних матеріалів для пасивного вогнезахисту. Їх фізичні властивості, область застосування, особливості монтажу, властиві їм переваги і недоліки, їх вплив на навколишнє середовище і здоров'я людини, а також особливості експлуатації.

Ключові слова: сталеві конструкції, вогнезахисна ізоляція, вогнестійкість, вогнезахисна ефективність, пасивний вогнезахист.

ANATOLIY YUGOV, NIKOLAY MAKSIMOV, YULIA RYB
THE DEVICE OF PASSIVE FIRE PROTECTION OF STEEL STRUCTURES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article describes the change in the strength and stiffness characteristics of steel structures from the influence of high temperatures arising from the fire, the work of steel structures. Various methods of fire-retardant insulation of steel structures are described. Various groups of fire retardant materials for passive fire protection are considered. Their physical properties, field of application, installation features, inherent advantages and disadvantages, their impact on the environment and human health, as well as operating features.

Key words: steel structure, fire-retardant insulation, fire resistance, fire-retardant efficiency, passive fire protection.

Югов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция, усиление и демонтаж строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Максимов Николай Юрьевич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнезащита металлических конструкций.

Рыб Юлия Романовна – магистрант, преподаватель-стажер кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: мостовые сооружения.

Югов Анатолій Михайлович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури» Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція, посилення та демонтаж будівельних металевих конструкцій, технологія і організація робіт при будівництві і реконструкції будівель і споруд.

Максимов Микола Юрійович – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вогнезахист металевих конструкцій.

Риб Юлія Романівна – магістрант, викладач-стажист кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: мостові споруди.

Yugov Anatoliy – D. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: planning, editing, exploitation, technical diagnostics, estimation of the technical state, reconstruction and strengthening of build metallic constructions, technology and organization of works, is at building and reconstruction of buildings and buildings.

Maksimov Nikolay – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fire protection of metal structures.

Ryb Yulia – Master's student, assistant lecturer, Metal Constructions and Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: bridge structures.