



VOL 1, No 76 (76) (2021)

The scientific heritage

(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.

The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.

Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 24 issues per year.

Format - A4

ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.

Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian

Managing editor: Khavash Bernat

- Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Yakushev Vasilij - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)
- Gál Jenő - MD, assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities (Budapest, Hungary)
- Borbély Kinga - Ph.D, Professor, Department of Philosophy and History (Kosice, Slovakia)
- Eberhardt Mona - Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy (Munich, Germany)
- Kramarchuk Vyacheslav - Doctor of Pharmacy, Department of Clinical Pharmacy and Clinical Pharmacology (Vinnytsia, Ukraine)

«The scientific heritage»

Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84,1204

E-mail: public@tsh-journal.com

Web: www.tsh-journal.com

CONTENT

AGRICULTURAL SCIENCES

Frunze N., Frunze I.

MICROSCOPIC FUNGI OF TYPICAL CHERNOZEM OF
MOLDOVA3

CHEMISTRY SCIENCES

Djurayeva Sh., Tashpulatov S.

THE USE OF POLYMER COMPOSITIONS BASED ON
MODIFIED COLLAGEN AS A THICKENER FOR PRINTING
INKS8

MEDICAL SCIENCES

Zaslavskaya R., Shcherban E., Tejblum M.

CHRONOSENSITIVITY TO VERAPAMYL IN
STENOCARDIA10

*Ryznychuk M., Ariychuk N.,
Ihnatiuk T., Rostotskyi T., Stratiichuk T.*

CONDITION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN
ADOLESCENTS WITH HYPOTHALAMIC OBESITY15

Nesterov A., Sadykov M., Sagirov M.

ANALYSIS OF PROSTHETIC TREATMENT OF PATIENTS
WITH STUMP PINLAYS WITH ARTIFICIAL CROWNS
ACCORDING TO ARCHIVAL MATERIALS OF A LARGE
DENTAL CLINIC17

PHARMACEUTICAL SCIENCES

Horilyk A., Dorykevych K., Horilyk D.

STUDY OF PHARMACISTS' ATTITUDES TO REPORTING
ADVERSE DRUG REACTIONS IN UKRAINE21

PHYSICS AND MATHEMATICS

Mastropas Z.

KINETICS OF FAST DIPOLE STRUCTURAL
TRANSFORMATIONS IN FERROELECTRICS27

TECHNICAL SCIENCES

Bakhmat M., Budaretskiy Yu.,

Hrabchak V., Kazan P., Maneliyk A.
METHOD OF COMPENSATION OF THE INFLUENCE OF
THE VERTICAL COMPONENT OF THE CARRIER SPEED
VECTOR IN RADAR METER OF MOTION PARAMETERS
WITH TRANSCIVER MODULE OF TWO-ANTENNY
(JANUS) TYPE30

*Skudin V., Druzhinina E.,
Chekhov Yu., Bessmertny B.*
SMART INFORMATION BOARD35

*Kolomiiets Y., Korotin S.,
Blyskun O., Korovin I., Honcharenko Y.*
THE SYNTHESIS METHOD OF THE DIGITAL
CONTROLLER IN THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
OF A DYNAMIC OBJECT BASED ON THE FUZZY
LOGIC38

Krol K.

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF MODELS AND
METHODS STAKEHOLDERS RISK MANAGEMENT IN
AGRO-INDUSTRIAL PROJECTS44

Nuianzin O.
INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF LOSS OF
INTEGRITY OF FIRE PROTECTIVE COATING ON THE
LIMIT OF FIRE RESISTANCE OF STEEL BEAM56

*Madimarova G., Suleimenova D.,
Baydauletova G., Kubygulova I.*
ANALYSIS OF GEODETIC WORKS DURING THE
CONSTRUCTION OF SUBSTATION62

*Madimarova G., Suleimenova D.,
Zhantueva Sh., Archin T.*
GEODETIC SUPPORT DURING THE RECONSTRUCTION
AND RESTORATION OF THE DAM ON THE KYZYL-GASH
RIVER68

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОТЕРИ ЦЕЛОСТНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПРЕДЕЛ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЬНОЙ БАЛКИ

Нуязин А.М.

*начальник научно-исследовательской лаборатории инноваций в сфере гражданской безопасности
Черкасского института пожарной
безопасности имени Героев Чернобыля
Национального университета гражданской защиты Украины*

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF LOSS OF INTEGRITY OF FIRE PROTECTIVE COATING ON THE LIMIT OF FIRE RESISTANCE OF STEEL BEAM

Nuianzin O.

*Head of Research Laboratory of Innovations in the Field of Civil Safety of the Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes
of National University of Civil Defence of Ukraine
DOI: [10.24412/9215-0365-2021-76-1-56-61](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-76-1-56-61)*

Аннотация

Для решения основных задач, поставленных в работе, был определен температурный режим прогрева стальной балки. При этом учитывалась потеря целостности огнезащитного покрытия как результат теплового воздействия пожара. Был установлен момент времени воздействия стандартного температурного режима пожара и значения температуры нагрева стальной балки с минераловатной облицовкой при котором оно теряет свою целостность. По конечно-элементной схеме стальная балка была разбита на оболочковые четырёхузловые элементы типа SHELL. Использовались пять точек интегрирования по толщине в формулировке Беличко-Цая для расчета температурного режима. Это позволило учесть геометрические параметры сечения исследуемого двутавра. После проведения расчета полученные результаты, приведены в виде графиков изменения максимального прогиба балки и скорости наращивания максимального прогиба в зависимости от времени воздействия стандартного температурного режима пожара. Определены критические значения величин наступления предела огнестойкости по графику максимального прогиба и по графику скорости наращивания прогиба. Разница показателей указывает, что наступление времени предельного состояния потери несущей способности на 70 минут меньше, при условии не учёта потери огнезащитной способности минераловатной огнезащитой вследствие потери целостности.

Abstract

To solve the main tasks set in the work, the temperature regime of heating the steel beam was determined. The loss of integrity of the fire-retardant coating as a result of the thermal effects of the fire was taken into account. The time of exposure to the standard temperature of the fire and the value of the heating temperature of the steel beam with mineral wool cladding at which it loses its integrity was set. According to the finite element scheme, the steel beam was divided into shell four-node elements of the SHELL type. Five thickness integration points were used in the Belichko-Tsai formulation to calculate the temperature regime. This allowed us to take into account the geometric parameters of the cross section of the studied I-beam. After calculation, the obtained results are given in the form of graphs of changes in the maximum deflection of the beam and the rate of increase of the maximum deflection depending on the time of exposure to the standard temperature of the fire. The critical values of the onset of the limit of fire resistance according to the graph of the maximum deflection and the graph of the rate of increase of the deflection are determined. The difference of indicators shows that the time of the limit state of loss of bearing capacity is 70 minutes less, if the loss of fire retardant capacity of mineral wool fire protection due to loss of integrity is not taken into account.

Ключевые слова: облицовка, минеральная вата, огнестойкость, огнезащитная способность, стальная балка, целостность огнезащитного покрытия.

Keywords: lining, mineral wool, fire resistance, fire retardant ability, steel beam, fire retardant lining integrity.

Постановка проблемы, анализ последних достижений и публикаций. Стальные конструкции находят широкое применение в строительстве, однако высокие показатели теплопроводности металла являются существенным недостатком, влияющим на пожарную безопасность таких конструкций. Обеспечение безопасности строительных объектов, возведенных из металлоконструкций долгое время остается актуальным. Для решения суще-

ствует ряд способов по обеспечению пожарной безопасности путем повышения предела огнестойкости стальных конструкций. Среди таких способов широко исследованы вопросы облицовки металлических конструкций негорючими материалами, а их эффективность доказана экспериментальными испытаниями, моделированием процессов теплообмена с учетом напряженно-деформированных состояний и математическими расчетами. Однако при

исследовании различных видов облицовок, учитывая их преимущества и высокие показатели эффективности повышения огнезащитной способности конструкций, не был учтен факт утраты целостности огнезащитного покрытия и его влияние на показатели теплопроводности и обеспечения нормированного времени предела огнестойкости. Минераловатные плиты являются перспективным негорючим материалом, который широко применяется для теплоизоляции зданий. Учитывая преимущества минераловатных материалов, перспективным и актуальным есть вопрос повышения предела огнестойкости стальных конструкций с использованием в качестве огнезащитного облицовки с их использованием.

Исследованию пределов огнестойкости посвящено большое количество работ. В большинстве случаев стальные конструкции рассматривают как материал, который необходимо защищать от огня.

В статье [1] рассмотрены процессы потери целостности огнезащитной облицовки из минеральной ваты стального двутавра. Исследована связь между целостностью огнезащитной оболочки и ее теплоизоляционной способностью. Показано, что огнезащитная оболочка теряет целостность под тепловым воздействием огня задолго до наступления предельного состояния потери огнестойкости по несущей способности. Исследованы условия, при которых огнезащитная облицовка теряет целостность и огнезащитную способность. Данные получены в работе [1] стали предпосылками для выполнения данного исследования.

В работе [2] исследовано влияние температурных режимов пожара, полученных по предложенным математическим моделям, на механические характеристики металлоконструкций. Однако, учитывалось, что металлические конструкции могут быть защищены специальными средствами.

В исследовании [3] определена зависимость значений граничных значений огнестойкости несущих стен от разброса температур на их поверхностях нагрева как научная основа повышения эффективности оценки результатов огневых испытаний. Но не было исследовано поведение стальных балок в подобных условиях.

В работе [4] исследования показали эффективность огнезащитных композиции предназначенных для огнезащиты стальных конструкций, однако наряду с преимуществами есть существенные недостатки из-за изготовления соответствующих огнезащитных композиций и трудоемкость при процессе нанесения. Исследование огнестойкости стальных конструкций, защищенных минеральной ватой, не проводилось.

Постановка задачи и ее решение. Цель данной работы – рассчитать и установить зависимости времени отслойки огнезащитной облицовки и предела огнестойкости от конструктивных параметров стальных балок с огнезащитой на основе минераловатной облицовки. Для этого необходимо установить параметры, влияющие на изменение предела

огнестойкости и установить их зависимость от изменения температурного режима и целостности огнезащитного минераловатного покрытия.

Описать алгоритм и провести расчеты, позволяющие изучить влияние конструктивных параметров стальных балок с минераловатной огнезащитой на их предел огнестойкости.

Провести расчеты и установить зависимости времени отслойки огнезащитной облицовки и предела огнестойкости от конструктивных параметров стальных балок с огнезащитой.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов. При исчислении температурного режима пожара должен быть учтен факт утраты целостности огнезащитной облицовки в результате теплового воздействия пожара. Этого можно достичь при условии применения формулы увеличения температуры $\Delta\theta_{a,t}$ за промежутки времени Δt , который имеет вид [5]:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p}{V d_p c_a \rho_a} \cdot \frac{(\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{(1 + \phi/3)} \cdot \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \cdot \Delta\theta_{g,t}$$

$$(\Delta\theta_{a,t} \geq 0 \text{ при } \Delta\theta_{g,t} > 0), \quad (1)$$

$$\text{тут } \phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} \cdot d_p A_p / V,$$

где A_p / V – коэффициент сечения стальной балки с огнезащитной системой на основе минеральной ваты; c_a – температурная зависимость удельной теплоемкости стали, (Дж/(кг·°C)) (табличные данные); $c_p = 1000$ – удельная теплоемкость минераловатной огнезащитной облицовки: не является температурозависимой (Дж/(кг·K)); d_p – толщина минераловатной плиты огнезащитной системы (м); $\Delta t = 30$ – промежуток времени (с); $\theta_{a,t}$ – текущее значение температуры стали в определенный момент времени t (°C); $\theta_{g,t}$ – температура газовой среды в помещении с пожаром в момент времени t (°C); $\Delta\theta_{g,t}$ – рост текущей температуры газовой среды в помещении с пожаром за промежуток, равный шагу по времени Δt (°C); λ_p – температурная зависимость коэффициента теплопроводности минераловатной облицовки огнезащитной системы (Вт/(м·°C)); $\rho_a = 7850$ – плотность стали, (кг/м³); $\rho_p = 200$ – плотность минераловатной облицовки огнезащитной системы (кг/м³).

Согласно данным [1] формула (1) применяется до момента, когда минераловатная облицовка огнезащитной системы сохраняет свою целостность, то есть к моменту времени 44,5 мин воздействия стандартного температурного режима пожара и при температуре нагрева стальной балки 425 °C. После этого считается, что минераловатная облицовка теряет свою целостность и должна использоваться

следующая формула, которая определяет повышение температуры $\Delta\theta_{a,t}$ за промежуток времени Δt [5]:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m}{Vc_a\rho_a} \cdot \dot{h}_{net} \Delta t, \quad (2)$$

где k_{sh} – коррекционный коэффициент, учитывающий влияние эффекта затенения балки другими конструкциями;

\dot{h}_{net} – расчетное значение суммарного удельного теплового потока, Вт/м².

Суммарный удельный тепловой поток определяется по выражению [5]:

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r}, \quad (3)$$

где $\dot{h}_{net,c}$ – суммарный удельный тепловой поток конвективного теплообмена;

$\dot{h}_{net,r}$ – суммарный удельный тепловой поток лучистого теплообмена.

Суммарный удельный тепловой поток конвективного теплообмена, Вт·м⁻², исчисляется по выражению [5]:

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot (\theta_g - \theta_m), \quad (4)$$

где $\alpha_c = 25$ – коэффициент теплоотдачи при конвективном теплообмене, Вт·м⁻²·К⁻¹;

θ_g – температура окружающей газовой среды при пожаре возле балки, °С;

θ_m – температура обогреваемой поверхности стальной балки, °С.

Суммарный тепловой поток при лучистом теплообмене, Вт·м², который вычисляется таким выражением [6]:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot ((\theta_g + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4), \quad (5)$$

где $\Phi = 1$ – форм-фактор облучения стальной балки;

ε_m – степень черноты поверхности стальной балки;

$\varepsilon_f = 1$ – степень черноты излучения газовой среды пожара;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт·м⁻²·К⁻⁴ – постоянная Стефана – Больцмана.

При таком подходе вычисления выражения (2) происходит при начальной температуре, которая равна температуре, исчисленная в момент потери целостности огнезащитной минераловатной облицовки по формуле (1).

Используя данный подход, были проведены соответствующие расчеты, в результате которых был построен режим прогрева стальной балки с минераловатной облицовкой при потере целостности на 44,5 с при температуре нагрева стальной балки 472 °С по расчетам, приведенным в [1]. Полученный температурный режим представлен на рис. 1.

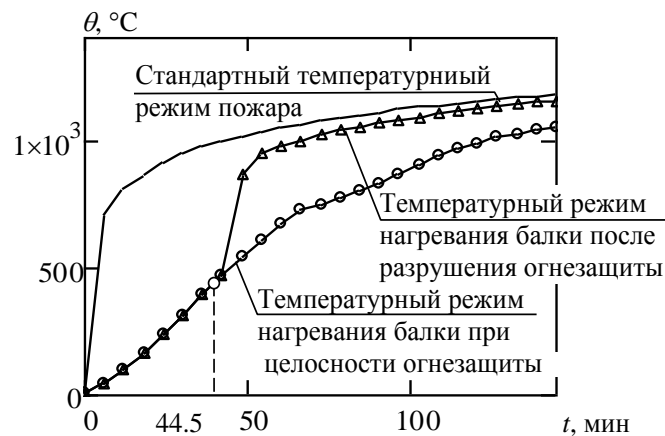


Рис. 1 – Температурный режим нагрева стальной балки с минераловатной огнезащитной облицовкой в условиях воздействия стандартного температурного режима пожара без учета и с учетом потери целостности огнезащитной минераловатной облицовкой.

Анализируя график, представленный на рис. 1, можно заметить, что начиная с 45 с температура стальной балки заметно повышается и практически за 5 мин приближается к температурной кривой стандартного температурного режима пожара. Полученный режим можно использовать для расчета несущей способности стальной балки при условии, что предполагается потеря огнезащитной способности минераловатной облицовкой вследствие нарушения целостности.

Для определения предела огнестойкости стальной балки при условии, что облицовка теряет свою огнезащитную способность, как результат потери своей целостности, были использованы положения расчета, приведенные в [1]. При этом уже нет необходимости моделировать имеющуюся огнезащитную облицовку, поскольку температурный режим прогрева стальной балки определен.

Для моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) в стальной балке с огнезащитной облицовкой из минеральной ваты, в соответствующий момент времени теряющую свою огнезащитную способность, вследствие потери целостности, были использованы геометрические параметры сечения, приведенные в [1]. Длина балки, как и в предыдущем случае составляет 6 м. Особенностью данной конечно-элементной модели является то, что стальная балка была разбита на оболочковые четыре-узловые элементы типа SHELL с пятью точками интегрирования по толщине в формулировке Беличко-Цая [7]. Материал стальной балки – упругопластический материал, позволяющий учитывать температурные деформации [7].

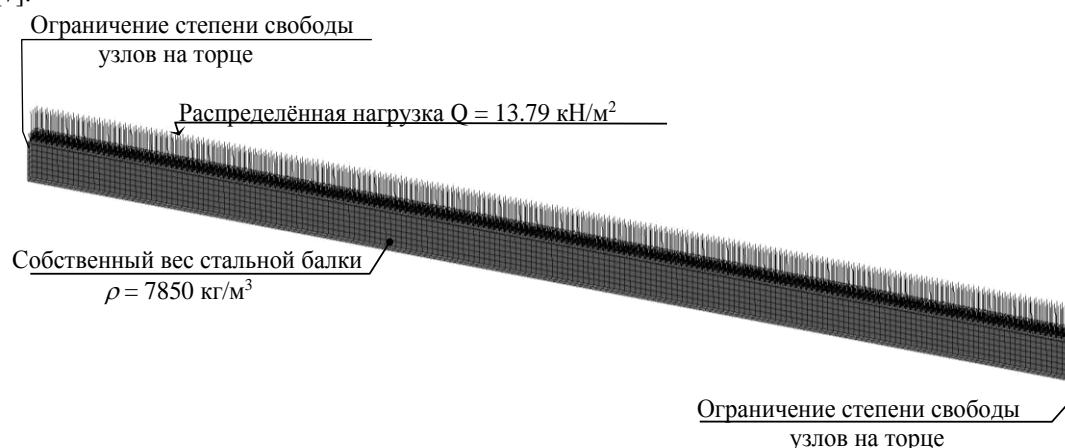


Рис. 2 – Схема приложения механической нагрузки к стальной балке и условия закрепления.

Величина распределенной нагрузки принята по коэффициенту нагрузки $\mu = 0.2$.

Нагрузка прикладывалась последовательно. Для исключения влияния колебательных динамических эффектов использовалась динамическая релаксация в вычислительном алгоритме Пападрака-

киса [7]. Другие процессы были рассчитаны с включенной опцией глобального демпфирования с коэффициентом 0,16.

После проведения расчета были получены соответствующие результаты, приведены на рис. 3.

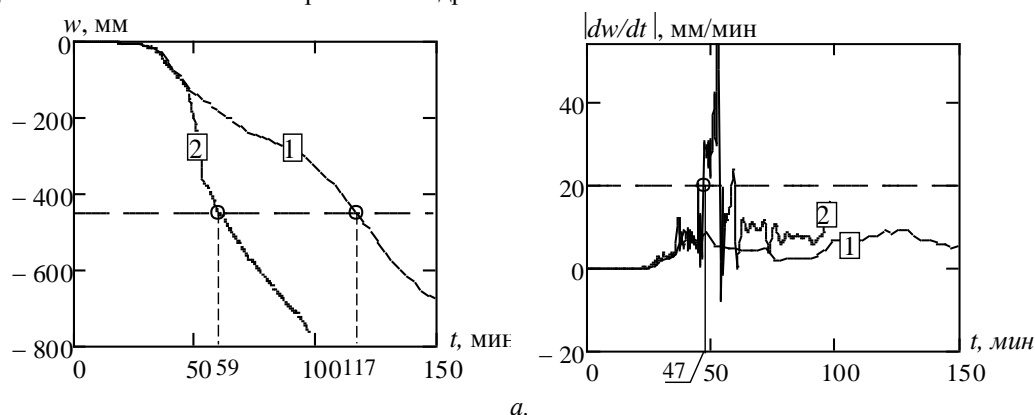


Рис. 3 – Графики изменения максимального прогиба балки (а) и скорости наращивания максимального прогиба (б) в зависимости от времени воздействия стандартного температурного режима пожара: 1 – для балки с минераловатной огнезащитой, которая не теряет свою целостность; 2 – для балки с минераловатной огнезащитой, которая теряет свою целостность и огнезащитную способность.

Критические значения величин максимального прогиба и скорости наращивания прогиба определены по формулам описанными в [1] и равны величинам, вычисленным для предыдущего случая, поскольку геометрические параметры балки не изменились.

На графиках, приведенных на рис. 3 видно, что предел огнестойкости наступает на 59 мин по графику максимального прогиба и на 47 мин по графику нарастания максимальной скорости прогиба. При этом можно заметить, что наступление вре-

мени предельного состояния потери несущей способности на 70 мин меньше при условии не учета потери огнезащитной способности минераловатной огнезащитой, вследствие потери целостности. Это подчеркивает важность учета обстоятельства возможной потери целостности любой огнезащитной облицовкой, в том числе минераловатной. Кроме этого, при потере целостности огнезащитным облицовкой существует риск шокового теплового воздействия на стальную балку, о чем свидетельствует график скорости нарастания максимального прогиба стальной балки при потере огнезащитной способности минераловатной облицовкой.

С целью изучения влияния конструктивных параметров стальных балок с минераловатной огнезащитой на предел огнестойкости были проведены расчеты, включающие проведение процедур, составляющих представленную ниже последовательность:

1. Для балки с известными конструктивными параметрами определяется температурный режим прогрева балки при воздействии стандартного температурного режима пожара по формуле (1).

2. Используя математический аппарат и математические описания свойств, описанных в [1], рассчитывается момент времени воздействия стандартного температурного режима пожара, при котором происходит отслоение огнезащитной минераловатной облицовки от балки.

3. С использованием формул (1) - (5) строится новый температурный режим нагрева стальной балки с учетом момента времени, при котором происходит отслоение огнезащитной минераловатной облицовки от балки, подобный приведенному на рис. 1.

4. Используя математический аппарат и математические описания свойств материалов, содержащихся в [1, 5-6], рассчитывается предел огнестойкости, как показано на рис. 3.

После проведения расчета по данной методике были получены результаты в виде зависимости времени отслойки огнезащитной облицовки и предела огнестойкости от конструктивных параметров стальных балок с огнезащитой на основе минераловатной облицовки: коэффициента сечения балки, уровня нагрузки и толщины минераловатной облицовки. Полученные графики приведены на рис. 4.

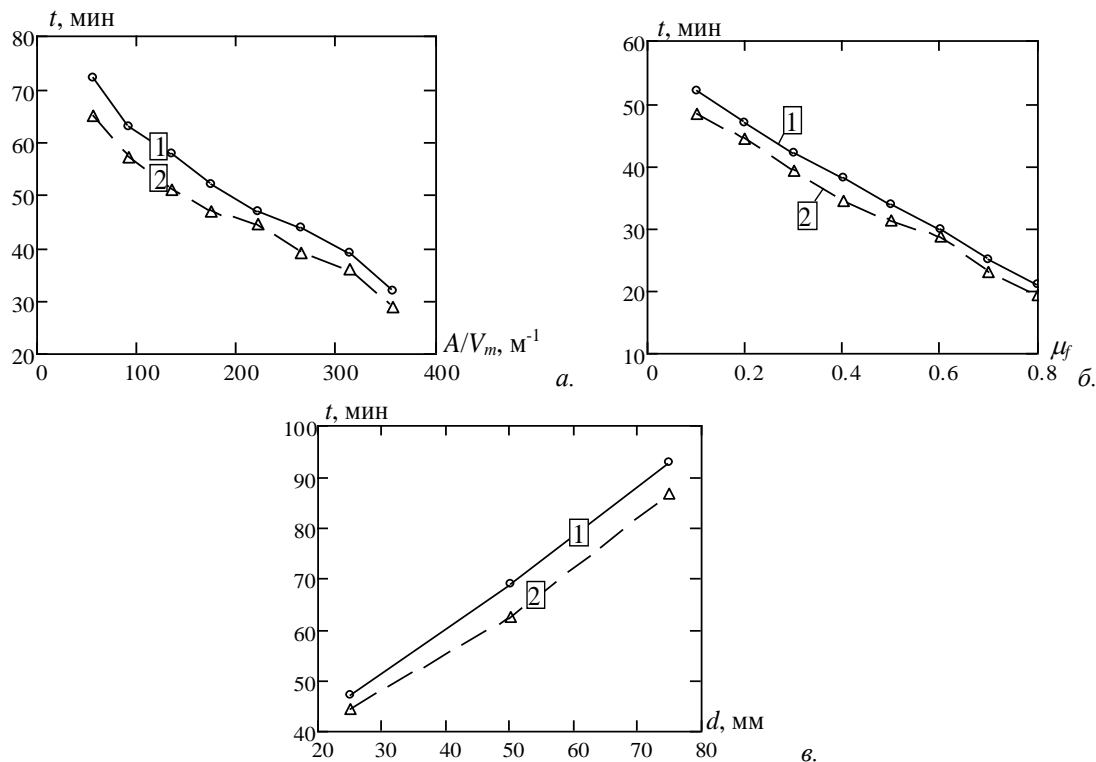


Рис. 4 – Графики зависимости предела огнестойкости стальной балки с огнезащитной минераловатной облицовкой (1) и времени наступления отслойки огнезащитной минераловатной облицовки (2): а – от величины коэффициента сечения балки; б – от уровня приложенной нагрузки; в – от толщины огнезащитного минераловатной облицовки.

Анализируя данные графики, можно заметить, что предел огнестойкости имеет корреляцию с выбранными параметрами и ее зависимость от них близка к линейной. Для этого в перспективе должна быть разработана система поправочных коэффициентов для снижения значения предела огнестойкости вследствие внезапного разрушения огнезащитной системы.

Выводы. Предел огнестойкости наступает на 59 мин по графику максимум прогиба и на 47 мин по графику нарастания максимальной скорости. При этом можно заметить, что последнее время наступления предельного состояния потери несущей способности на 70 мин меньше при условии не учёта потери огнезащитной способности минераловатной огнезащитой, вследствие потери целостности. Это

подчеркивает важность учета обстоятельства возможной потери целостности любой огнезащитной облицовкой, в том числе минераловатной. Кроме этого, при потере целостности огнезащитной облицовкой существует риск шокового теплового воздействия на стальную балку, о чём свидетельствует график скорости нарастания прогиба балки.

Были описаны алгоритмы и проведены расчеты, чтоб дать возможность изучить влияние конструктивных параметров стальных балок с минераловатной огнезащитой на их предел огнестойкости.

После проведения расчета по данной методике были получены результаты в виде зависимости времени отслойки огнезащитной облицовки и предела огнестойкости от конструктивных параметров стальных балок с огнезащитой на основе минераловатной облицовки: коэффициента сечения балки, уровня нагрузки и толщины минераловатной облицовки. Согласно расчетам, предел огнестойкости имеет корреляцию с выбранными параметрами и зависимость от них близка к линейной (рис. 4).

Список литературы

1. S. Pozdieiev, O. Nuianzin, O. Borsuk, I. Nedilko. Research of Integrity of Fire Insulation Cladding with Mineral Wool of Steel Beam under Fire Impact. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing Vol. 1021. No. 1. (2021). 012024.
2. T. Shnal, S. Pozdieiev, O. Nuianzin, S. Sidnei. Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions. In Materials Science Forum Trans Tech Publications Ltd. Vol. 1006. (2020). 107-116
3. O. Nuianzin, O. Tyshchenko, S. Zhartovskyi, P. Zaika, A. Peregin. The research of carrying capacity of reinforced concrete walls under uneven warming. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing Vol. 708. No. 1. (2019) 012063.
4. M. Heinisuo, M. Laasonen Product modeling, part of the fire safety concept in the future for metal structures //Advanced Research Workshop, Fire Computer Modeling, Santander. (2007) 18-20.
5. EN 1993-1-1: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1 General rules and rules for buildings. (2005).
6. EN 1991-1-2: Eurocode 1: Actions and Structures, Part 1-2: General Actions-Actions on Structures Exposed to Fire. (2002).
7. S. Pozdieiev, O. Nuianzin, O. Borsuk, O. Binetska, A. Shvydenko, B. Alimov Temperature Effect on the Thermal-Physical Properties of Fire-Protective Mineral Wool Cladding of Steel Structures Under the Conditions of Fire Resistance Tests. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, T. 4. – №. 12, (2020) 106.