

УДК 692.49:536.2

Бунто О.В., канд. тех. наук, доц. Миканович А.С., канд. тех. наук, доц. Жамойдик С.М.

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К СВЕТОПРОЗРАЧНОМУ ЗАПОЛНЕНИЮ ОКОННЫХ БЛОКОВ ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЧАСТИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ, СВЕТОПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ**

*Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск*

Установлено, что преобладающим видом легкобрасываемых конструкций для снижения избыточного давления взрыва является остекления здания. Представлены основные требования, предъявляемые к светопрозрачному заполнению оконных блоков легкобрасываемых конструкций. Проведен анализ способности применения полимерных материалов в качестве светопрозрачного заполнения легкобрасываемых конструкций.

*Ключевые слова:* взрыв, взрывозащита, легкобрасываемые конструкции, теплопередача, светопропускная способность.

**O.V. Bunto, Ph.D. (Tech.) A.S. Mikanovich, Ph.D. (Tech.) S.M. Zhamoidik**

## **ANALYSIS OF EXISTING REQUIREMENTS FOR A TRANSLUCENT FILLING OF WINDOW BLOCKS OF EXPLOSION RELIEF STRUCTURES IN PART OF RESISTANCE TO HEAT TRANSFER, LIGHT TRANSMISSION**

*The state educational establishment «University of civil protection of the Ministry for emergency situations of the Republic of Belarus», Minsk*

It was established that predominant type of explosion relief structures to reduce the excess pressure of the explosion is the glazing of the building. The main requirements for translucent filling of window blocks of explosion relief structures were presented. The analysis of the possibility of using polymeric materials as a translucent filling of explosion relief structures was carried out.

*Keywords:* explosion, explosion protection, explosion relief structures, polymer materials.

В пожарной безопасности под взрывом называется быстрое неконтролируемое горение газо-, паро-, пылевоздушной смеси с образованием сжатых газов [1]. Основной отличительной чертой, характеризующей воздействие взрыва, является скачок давления в месте взрыва, сопровож-

дающийся ударом газов по окружающему пространству, вызывающий разрушение и деформацию предметов. Кроме того, взрыв характеризуется переменной скоростью распространения процесса, измеряемой от нескольких сотен до нескольких тысяч метров в секунду и сравнительно

мало зависящей от внешних условий [2]. Взрывы, происходящие на территориях производственных предприятий, характеризуются дефлаграционным сгоранием взрывоопасной смеси с образованием сжатых газов, видимой скоростью распространения пламени до  $300 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  и ударными волнами с максимальным давлением до 100 кПа [6].

Анализ аварий на взрывоопасных производствах показывает, что последствия взрыва приводят к человеческим жертвам, разрушению элементов оборудования и строительных конструкций, что часто является причиной остановки производства. Как следствие, для защиты людей и материальных ценностей от опасных факторов взрыва должен быть предусмотрен комплекс мероприятий по противовзрывной защите.

Противовзрывная защита зданий и сооружений – это комплекс мер, охватывающих мероприятия по предотвращению взрыва, локализации его воздействия, а также инженерные решения, связанные с защитой здания от разрушающего воздействия взрывной нагрузки [1, 3]. Одним из конструктивных решений по противовзрывной защите помещений и зданий является устройство легкобрасываемых конструкций (далее – ЛСК). ЛСК, разрушаясь при избыточном давлении до 5 кПа, обеспечивают снижение возникающего в помещении давления взрыва до безопасного значения через заранее запроектированные проемы [4, 5].

Существующие технические нормативно-правовые акты допускают согласно [7] в качестве ЛСК использовать одинарное остекление

окон и фонарей соответствующей толщины без испытаний, а также иные конструкции, эффективность использования которых подтверждена экспериментально.

Зарубежные исследования в области противовзрывной защиты направлены на применение взрывоустойчивого остекления или полимерных материалов в инерционных (вращаемых или смещаемых) ЛСК, что отражается в исследованиях организаций в области стандартизации строительных конструкций – International Organization for Standardization (ISO); National Institute of Standards and Technology (NIST) и National Fire Protection Organization (NFPA) в США; European Committee for Standardization (CEN), Deutsches Institut für Normung (DIN) и British Standards Institution (BSI) в Европе [8–14]. Однако необходимо отметить, что облегченные покрытия и стеновые панели обладают определенной инерционностью по сравнению с остеклением, чаще всего имеют большее давление вскрытия, а также являются достаточно дорогостоящими конструкциями.

Анализ исследований и научных трудов на территории СНГ в области взрывозащиты Годжелло М.Г., Орлова Г.Г., Румянцева В.С., Брушлинского Н.Н., Пилюгина Л.П., а также анализ защиты помещений взрывоопасных производств от избыточного давления взрыва на территории Республики Беларусь и стран близлежащего зарубежья показал, что преобладающим видом ЛСК являются безынерционные (разрушающиеся) конструкции, которые имеют меньшее давление вскрытия по сравнению с инерционными конструкциями

и обеспечивают более эффективное снижение избыточного давления взрыва в замкнутом объеме. Использование в качестве заполнения разрушающихся ЛСК стекол глухого остекления позволяет получать наиболее дешевые и простые конструктивные решения, отвечающие как требованиям освещения помещения, так и снижения возникающего в нем избыточного давления взрыва [7, 13–15].

Развитие архитектурно-строительной деятельности, а также все большее применение в производстве материалов, способных образовывать взрывоопасные смеси, приводит к тому, что ЛСК могут занимать достаточно большие площади.

Основными проблемными моментами использования традиционного оконного остекления в качестве ЛСК являются: большой вес конструкции; низкое сопротивление теплопередаче (одинарное – 0,15–0,18 м<sup>2</sup>·°С/Вт, двойное – 0,31–0,42 м<sup>2</sup>·°С/Вт), что в совокупности со значительной площадью остекления производственных и складских помещений приводит к существенным теплотерям в течение отопительного сезона; осколки, образующиеся при разрушении остекления, могут вызывать поражение людей, находящихся напротив оконных проемов.

Именно поэтому большинство зарубежных исследований направлено на применение безосколочного остекления для обеспечения физической безопасности человека. В соответствии с требованиями европейского VDI 3673 и американского NFPA 68 стандартов применение обычного оконного остекления в качестве ЛСК возможно только в ме-

стах, где отсутствует возможность нахождения людей [8–12].

Для остекления оконных блоков, используемых в качестве ЛСК, на территории Республики Беларусь применяют обычное листовое стекло толщиной от 3 до 5 мм или стеклопакеты, имеющие протоколы испытаний, подтверждающие допустимость их применения в качестве таких конструкций [4, 5, 7, 13–15]. Кроме обычного может применяться в том числе цветное листовое стекло (окрашенное в массе или имеющее металлизированное покрытие), а также стеклопакеты с его применением. Коэффициент светопропускания для остекления зданий должен составлять не менее 0,65 [16–18].

Основным критерием оценки теплотехнических качеств оконных блоков является сопротивление теплопередаче  $R_t$  (м<sup>2</sup>·°С/Вт). Это значение для оконного блока, применяемого для естественного освещения помещений, должно быть не менее требуемой нормативной величины  $R_{t,норм}$ , равной 0,6 м<sup>2</sup>·°С/Вт для новостроящихся зданий и 0,15 м<sup>2</sup>·°С/Вт для зданий, построенных до 1993 г., по [19, 20].

Основной светотехнической характеристикой оконных блоков является величина общего коэффициента светопропускания, которая определяется как отношение светового потока, прошедшего через изделие, к световому потоку, упавшему на него. Уровень естественного освещения в помещении оценивается коэффициентом естественной освещенности (далее – КЕО) в расчетной точке помещения. Нормируемые значения КЕО при совмещенном освещении производственных

помещений принимаются в зависимости от характеристики и разряда зрительных работ по уровню естественного освещения в производственном помещении, определяется нормируемым значением коэффициента естественной освещенности в зависимости от разряда зрительных работ: при верхнем или комбинированном освещении в диапазоне от 0,3–4 %, при боковом – от 0,1–1,5 % [16].

На сегодняшний день проводится поиск материалов и конструк-

ций, которые могут использоваться как альтернатива оконному остеклению. Ей могут стать полимеры, которые будут использоваться в качестве светопрозрачного заполнения ЛСК как в оконных блоках, так и в аэрационных фонарях зданий, однако опыт их применения в качестве таких конструкций не изучен.

Основные технические свойства листов оргстекла, сотового и монолитного поликарбоната представлены в таблицах 1, 2 и 3 соответственно [21–24].

Таблица 1. – Технические свойства листов оргстекла поликарбоната

Свойства	Толщина листа, мм							
	2	3	4	5	6	8	10	12
Вес, кг/м <sup>2</sup>	2,4	3,6	4,8	6	7,2	9,6	12	14,4
Звукоизоляция, дБА	26	26	27	28	29	30	32	34
Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> К/Вт	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24
Коэффициент теплопроводности, Вт/м <sup>2</sup> К	5,8	5,5	5,26	5,0	4,7	4,4	4,3	4,2
Степень прозрачности, %	95	93	91	88	86	85	83	82

Таблица 2. – Технические свойства листов сотового поликарбоната

Свойства	Толщина листа, мм							
	4	6	8	10	16	20	25	32
Вес, кг/м <sup>2</sup>	0,8	1,3	1,5	1,7	2,5	3,0	3,4	3,7
Звукоизоляция, дБА	15	18	20	24	25	27	30	36
Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> К/Вт	0,26	0,31	0,42	0,40	0,51	0,56	0,68	0,83
Коэффициент теплопроводности, Вт/м <sup>2</sup> К	3,9	3,7	3,6	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2
Степень прозрачности, %	85	83	82	80	76	79	75	73

Таблица 3. – Технические свойства листов монолитного поликарбоната

Свойства	Толщина листа, мм							
	2	3	4	5	6	8	10	12
Вес, кг/м <sup>2</sup>	2,4	3,6	4,8	6	7,2	9,6	12	14,4
Звукоизоляция, дБА	26	26	27	28	29	30	32	34
Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> К/Вт	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25
Коэффициент теплопроводности, Вт/м <sup>2</sup> К	5,6	5,3	5,05	4,8	4,5	4,3	4,2	4,05
Степень прозрачности, %	95	93	90	88	86	85	83	82-80

Сравнительный анализ основных технических свойств оргстекла, монолитного, сотового поликарбоната и стекла толщиной 4 мм представлен в таблице 4.

Таблица 4. – Сравнительный анализ основных технические свойства оргстекла, монолитного поликарбоната и стекла толщиной 4 мм

Параметры	Оргстекло (4 мм)	Монолитный ПК (4 мм)	Сотовый ПК (4 мм)	Стекло (4 мм)
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1180	1200	200	2200-2900
Вес, кг/м <sup>2</sup>	4,7	4,8	0,8	9,4
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	10-12	900-1100	2,1	0,05
Сопротивление теплопередаче, (м <sup>2</sup> К/Вт)	0,19	0,20	0,26	0,15
Коэффициент теплопроводности, (Вт/м <sup>2</sup> К)	5,26	5,05	3,9	6,6
Звукоизоляция, дБ	до 27	до 27	до 16	до 30
Степень прозрачности, %	90-95	90-95	82-85	90-95
Диапазон температуры применения, °С	-45 ÷ +150	-50 ÷ +150	-45 ÷ +120	-70 ÷ +250

Благодаря более высоким теплоизоляционным свойствам светопрозрачные пластики способны сохранять тепло внутри за счет обеспечения лучшей теплоизоляции.

Диапазон температуры применения светопрозрачных пластиков меньше, чем у стекла, но он является применимым в широтах Республики Беларусь и большей территории стран СНГ.

Для обоснования экономической эффективности использования светопрозрачных пластиков в качестве заполнения проемов в ЛСК для взрывозащиты производственных и складских помещений и зданий взрывопожароопасных категорий на основании требований и методик, изложенных в [2–7, 13–15, 20], проведен сравнительный расчет теп-

лопотерь на 1 м<sup>2</sup> площади ЛСК при использовании одинарного остекления, оргстекла, монолитного и сотового поликарбоната.

При проведении расчетов температура в наиболее холодный период года принималась равной -24 °С для наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, температура воздуха в производственном помещении – +16 °С [19, 20], сопротивление теплопередаче принималось в соответствии с [20] для стекла 0,15 м<sup>2</sup>·°С·Вт<sup>-1</sup>, для монолитного поликарбоната – 0,20 м<sup>2</sup>·°С·Вт<sup>-1</sup>, для оргстекла – 0,19 м<sup>2</sup>·°С·Вт<sup>-1</sup>.

Результаты сравнительного расчета теплотерь приведены в таблице 5.

Таблица 5. – Сравнительный расчет теплопотерь через ЛСК при использовании одинарного остекления, двойного остекления, оргстекла и монолитного поликарбоната

Вид остекления	Средние теплопотери, Вт	Теплопотери, кг.у.т. год <sup>-1</sup>
Стекло (4 мм)	307,0	179,3
Оргстекло (4 мм)	242,1	141,4
Монолитный ПК (4 мм)	230,0	134,3
Сотовый ПК (4 мм)	176,9	103,3

При формировании программ энергосбережения на 2022 год в расчетах при составлении технико-экономических обоснований энергосберегающих мероприятий и оценки их окупаемости расчетную стоимость 1 т у.т. принимают равной 210 долларов США [25]. Применение на 1 м<sup>2</sup> площади ЛСК оргстекла взамен одинарного остекления позволяет сэкономить 37,9 кг.у.т. за отопительный сезон, монолитного поликарбоната – 45,0 кг.у.т, сотового поликарбоната – 76,0 кг.у.т что в денежном выражении составляет 8, 10 и 16 долларов США соответственно.

Результаты исследований получены в рамках выполнения научно-исследовательской работы при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Т21М-103).

### Заключение

1. Преобладающим видом ЛСК является остекление окон и фонарей, как правило, одинарное, установленное в вертикальных конструкциях.

2. В качестве остекления оконных блоков ЛСК применяют одинарное листовое стекло толщиной от 3 до 5 мм или стеклопакеты, имеющие избыточное давление вскрытия

до 5 кПа, со светопропускной способностью не менее 65 %.

3. Уровень естественного освещения в производственном помещении определяется значением коэффициента естественной освещенности в зависимости от характеристики и разряда зрительных работ: при верхнем или комбинированном освещении в диапазоне от 0,3–4 %, при боковом – от 0,1–1,5 %.

4. Значение сопротивления теплопередаче для оконного блока, применяемого для естественного освещения помещений, должно быть не менее требуемой нормативной величины, равной 0,6 м<sup>2</sup>·°С/Вт для новостроящихся зданий и 0,15 м<sup>2</sup>·°С/Вт для зданий, построенных до 1993 г.

5. Использование светопрозрачного полимерного материала взамен оконного остекления позволяет без снижения безопасности человека при взрыве снизить как теплопотери через оконные проемы ЛСК, так и вероятность получения персоналом травм за счет образования осколков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пожарная безопасность. Общие термины и определения [Текст] : СТБ 11.0.02-95. – Минск : Белстандарт, 1995. – 13 с. – (Система стандартов пожарной безопасности).

2. Моделирование пожаров и взрывов [Текст] / Н.Н. Брушлинский, А.Я. Корольченко. – М. : Ассоциация «Пожнаука», 2000. – 482 с.
3. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности. Общие требования [Текст]: СТБ 11.05.03–2010. – Взамен СТБ П 11.05.03–2006 ; введ. 01–01–11. – Минск : Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2010. – 71 с. – (Система стандартов пожарной безопасности).
4. Миканович, А.С. Использование стеклопакетов для взрывозащиты производственных и складских помещений [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.03 : защищена 15.03.2013 / Миканович Андрей Станиславович. – Минск, 2013. – 132 с. – Библиогр. : с. 98–112.
5. Конструкции легкобрасываемые. Правила расчета [Текст]: ТКП 45–2.02–38–2006. – Введ. 01–01–07. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2006. – 30 с. – (Национальный комплекс технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства).
6. Бесчастнов, М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение [Текст] / М.В. Бесчастнов. – М. : Химия, 1991. – 432 с.
7. СН 2.02.05-2020 Пожарная безопасность зданий и сооружений [Электронный ресурс]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – Режим доступа: <https://normy.by/mand.php>. – Дата доступа: 07.02.2022.
8. ERNCIP Thematic Group Resistance of structures to explosion effects « A comparison of existing standards for testing blast resistant glazing and windows», Report EUR 27133 EN, Joint Research Centre, December 2014.
9. Bangash, M. Y. H. Explosion-Resistant Buildings Design, Analysis, and Case Studies / M. Y. H. Bangash, T. Bangash. – Springer, 2006. – 784 p. \
10. A comparison of existing standards for testing blast resistant glazing and windows: Report EUR 27133 EN / ERNCIP Thematic Group Resistance of structures to explosion effects. – December 2014.
11. Guide for Venting of Deflagrations [Elektronisch Ressource]: NFPA 68. – ed. 2002. – Effective date of 31.01.02. – Quincy, MA : NFPA, 2003. – 70 p.
12. Druckentlastung von Staubexplosionen: VDI 3673 // Dr. Pellmont Explosionsschutz [Elektronisch Ressource]. – Düsseldorf : VDI-Verlag, 2002. – das Regime des Zugriffes : <http://www.pellmont.ch/sikeda/Deutsch/3673>. – das Datum des Zugriffes : 06.02.2022.
13. Годжелло, М.Г. Расчет площади легкобрасываемых конструкций для зданий и сооружений взрывоопасных производств [Текст] / М.Г. Годжелло. – М. : Стройиздат, 1981. – 48 с.
14. Орлов, Г.Г. Легкобрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий [Текст] / Г.Г. Орлов. – М. : Стройиздат, 1987. – 200 с.
15. Пилюгин, Л.П. Конструкции сооружений взрывоопас-

ных производств [Текст] / Л.П. Пилюгин. – М. : Стройиздат, 1988. – 316 с.

16. СН 2.04.03-2020 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/W22136256p\\_1611262800.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/W22136256p_1611262800.pdf). – Дата доступа: 06.02.2022.

17. ТКП 45-3.02-223-2010 Заполнение оконных и дверных проемов [Электронный ресурс]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – Режим доступа: <https://aproekt.by/images/instrukcii/zapolnenie-okonnyh-i-dvernyh-proemov-tkp-45-3-02-223-2010-02250.pdf> – Дата доступа: 07.02.2022.

18. СН 3.02.10-2020 Производственные здания. Строительные нормы проектирования [Электронный ресурс]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – Режим доступа: <https://normy.by/ips.php>. – Дата доступа: 07.02.2022.

19. СН 2.04.02-2020 Здания и сооружения. Энергетическая эффективность» [Электронный ресурс]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/W22136279p\\_1611781200.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/W22136279p_1611781200.pdf). – Дата доступа: 07.02.2022.

20. СН 4.02.03-2019 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики

Беларусь, 2021. – Режим доступа: <https://normy.by/mand.php>. – Дата доступа: 07.02.2022.

21. Монолитный поликарбонат: свойства, применение и технические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/241-monolitnyj-polikarbonat-svoystva-i-primenenie.html>. – Дата доступа: 07.02.2022.

22. Физические величины: Справочник / А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский [и др.]. Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.

23. Химсырье. Листовые пластики и пленки. Технические характеристики Plexiglas. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.hims.ru/plexiglas\\_tech.html](https://www.hims.ru/plexiglas_tech.html). – Дата доступа: 05.03.2022.

24. Оргстекло: тепловые и механические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/plastmassa-i-plastik/orgsteklo-teplovye-i-mehaniicheskie-harakteristiki>. – Дата доступа: 05.03.2022.

25. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://energoeffekt.gov.by/supervision/framework/information/20200317\\_cost2](http://energoeffekt.gov.by/supervision/framework/information/20200317_cost2). – Дата доступа: 07.02.2022.

## REFERENCE

1. Fire safety. General terms and definitions [Text]: STB 11.0.02-95.



- Minsk: Belstandart, 1995. – 13 p. – (System of fire safety standards).

2. Modeling of fires and explosions [Text] / N.N.Brushlinsky, A.Ya.Korolchenko. – M.: Association "Pozhnauka", 2000. – 482 p.

3. Fire safety of technological processes. Methods for assessing and analyzing fire hazard. General requirements [Text]: STB 11.05.03–2010. – Instead of STB P 11.05.03–2006; input. 01–01–11. – Minsk: State. com. for standardization Rep. Belarus, 2010. – 71 p. – (System of fire safety standards).

4. Mikanovich, A. S. The use of double-glazed windows for explosion protection of industrial and warehouse premises [Text]: dis. ... cand. tech. Sciences: 05.26.03: protected 15.03.2013 / Mikanovich Andrey Stanislavovich. – Minsk, 2013. – 132 p. – Bibliography. : from. 98–112.

5. Structures are easily dropped. Calculation rules [Text]: TCP 45–2.02–38–2006. - Input. 01–01–07. - Minsk: Ministry of Architecture and Construction Rep. Belarus, 2006. – 30 p. – (National set of technical regulatory legal acts in the field of architecture and construction).

6. Beschastnov, M.V. Industrial explosions. Evaluation and warning [Text] / M. V. Beschastnov. – M.: Chemistry, 1991. – 432 p.

7. SN 2.02.05-2020 Fire safety of buildings and structures [Electronic resource]. – Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2021. – Access mode: <https://normy.by/mand.php>. – Access date: 02.07.2022.

8. ERNCIP Thematic Group Resistance of structures to explosion

effects «A comparison of existing standards for testing blast resistant glazing and windows», Report EUR 27133 EN, Joint Research Centre, December 2014.

9. Bangash, M. Y. H. Explosion-Resistant Buildings Design, Analysis, and Case Studies / M. Y. H. Bangash, T. Bangash. – Springer, 2006. – 784 p.

10. A comparison of existing standards for testing blast resistant glazing and windows: Report EUR 27133 EN / ERNCIP Thematic Group Resistance of structures to explosion effects. – December 2014.

11. Guide for Venting of Deflagrations [Elektronisch Ressource]: NFPA 68. – ed. 2002. – Effective date of 31.01.02. – Quincy, MA : NFPA, 2003. – 70 p.

12. Druckentlastung von Staubexplosionen: VDI 3673 // Dr. Pellmont Explosionsschutz [Elektronisch Ressource]. – Düsseldorf : VDI-Verlag, 2002. – das Regime des Zugriffes : <http://www.pellmont.ch/siked/Deutsch/3673>. – das Datum des Zugriffes : 06.02.2022.

13. Godzhello, M.G. Calculation of the area of easily dropped structures for buildings and structures of explosive industries [Text] / M.G.Godzhello. – M. : Stroyizdat, 1981. – 48 p.

14. Orlov, G.G. Easily dropped structures for explosion protection of industrial buildings [Text] / G.G.Orlov. – M. : Stroyizdat, 1987. – 200 p.

15. Pilyugin, L.P. Designs of structures for explosive industries [Text] / L.P. Pilyugin. – M. : Stroyizdat, 1988. – 316 p.

16. SN 2.04.03-2020 Natural and artificial lighting [Electronic resource]. – Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2021. – Access mode: [https://pravo.by/upload/docs/op/W22136256p\\_1611262800.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/W22136256p_1611262800.pdf). – Access date: 02.06.2022.
17. ТКР 45-3.02-223-2010 Filling window and door openings [Electronic resource]. – Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2021. – Access mode: <https://aproekt.by/images/instrukcii/zapolnenie-okonnyh-i-dvernyh-proemov-tkp-45-3-02-223-2010-02250.pdf> – Access date: 02.07.2022.
18. SN 3.02.10-2020 Industrial buildings. Building design standards [Electronic resource]. – Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2020. – Access mode: <https://normy.by/ips.php>. – Access date: 02.07.2022.
19. SN 2.04.02-2020 Buildings and structures. Energy Efficiency” [Electronic resource]. – Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2021. - Access mode: [https://pravo.by/upload/docs/op/W22136279p\\_1611781200.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/W22136279p_1611781200.pdf). – Access date: 02.07.2022.
20. SN 4.02.03-2019 Heating, ventilation and air conditioning [Electronic resource]. – Minsk: Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus, 2021. – Access mode: <https://normy.by/mand.php>. – Access date: 02.07.2022.
21. Monolithic polycarbonate: properties, application and technical characteristics. [Electronic resource]. – Access mode: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/241-monolitnyj-polikarbonat-svoystva-i-primenenie.html>. – Access date: 02.07.2022.
22. Physical quantities: Handbook / A.P. Babichev, N.A. Babushkina, A.M. Bratkovsky. Ed. I.S. Grigorieva, E.Z. Meilikhov. – M.: Energoatomizdat, 1991. – 1232 p.
23. 27. Chemical raw materials. Sheet plastics and films. Specifications for Plexiglas. [Electronic resource]. – Access mode: [https://www.hims.ru/plexiglas\\_tech.html](https://www.hims.ru/plexiglas_tech.html). – Access date: 03.05.2022.
24. Plexiglas: thermal and mechanical characteristics [Electronic resource]. – Access mode: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/plastmassa-i-plastik/orgsteklo-teplovye-i-mehhanicheskie-harakteristiki>. – Access date: 03.05.2022.
25. Energy Efficiency Department of the State Committee for Standardization of the Republic of Belarus [Electronic resource]. – Access mode: [http://energoeffekt.gov.by/supervision/frame-work/information/20200317\\_cost2](http://energoeffekt.gov.by/supervision/frame-work/information/20200317_cost2). – Access date: 02.07.2022.

