

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ / CONSTRUCTION STRUCTURES,
BUILDINGS AND STRUCTURES

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2>

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКОННЫЕ ПРОФИЛИ ИЗ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

Научная статья

Федотов О.И.^{1,*}

¹ ORCID : 0009-0006-9556-6147;

¹ Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт, Красноярск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (onefedya[at]gmail.com)

Аннотация

В исследовании была проведена оценка работы конструкции оконного блока из ПВХ профилей с монтажной шириной 58 мм.

Анализ данных показывает, что в городах Сибирского федерального округа, на примере Красноярска и Норильска, преобладают суровые климатические условия, где температуры за холодный период могут опускаться ниже минус 30°C. Данные условия являются значительной нагрузкой на все ограждающие конструкции, в том числе и оконные блоки из ПВХ профилей.

Проведенное численное моделирование ограждающей конструкции показывает, что при воздействии температур холодного периода года на профиль оконного блока из поливинилхлорида монтажной шириной 58 мм с наружной стороны и положительной температуры воздуха внутри помещения приводит к образованию прогиба.

При длительном проявлении данный дефект сказывается на увеличении количества тепловых потерь за счет неорганизованной инфильтрации через окна.

Ключевые слова: окно, профиль, климат, деформация, инфильтрация.

INFLUENCE OF TEMPERATURE EFFECTS ON POLYVINYL CHLORIDE WINDOW PROFILES

Research article

Fedotov O.I.^{1,*}

¹ ORCID : 0009-0006-9556-6147;

¹ Siberian Federal University Institute of Civil Engineering, Krasnoyarsk, Russian Federation

* Corresponding author (onefedya[at]gmail.com)

Abstract

The study evaluated the structural performance of a window unit made of polyvinyl chloride profiles with an installation width of 58 mm.

Data analysis shows that in the cities of the Siberian Federal District, such as Krasnoyarsk and Norilsk, harsh climatic conditions prevail, where temperatures during the cold period can fall below minus 30°C. These conditions are a significant load on all building envelopes, including window blocks made of polyvinyl chloride profiles.

The carried out numerical modelling of the enclosing structure shows that the impact of temperatures of the cold period of the year on the profile of the window block made of polyvinylchloride with an assembly width of 58 mm from the outside and positive air temperature inside the room leads to the formation of deflection.

When prolonged, this defect has the impact of increasing the amount of heat loss due to disorganized infiltration through windows.

Keywords: window, profile, climate, deformation, infiltration.

Введение

Окно – это ограждающая светопрозрачная конструкция, основными функциями которой является связывание внутренних помещений здания с окружающим пространством, обеспечение естественного освещения и вентиляции помещений, а также защита от внешних воздействий.

Согласно действующему федеральному закону об энергосбережении [1], окна должны способствовать сохранению энергетических ресурсов, так как количество тепловых потерь через данный вид ограждающих конструкций составляет до 35%. Причиной являются неисправности рамочных элементов старых окон в результате многолетней эксплуатации.

Для сокращения тепловых потерь через окна повсеместно реализуются программы по замене окон старого типа с деревянными рамами и стеклянным полотном на современные оконные блоки с профильными системами.

Материалы и методы

Сибирский Федеральный округ РФ характерен жесткими климатическими условиями. На территории Сибири находятся районы, имеющие официальный статус районов Крайнего Севера, а также приравненные к ним местности с суровыми климатическими условиями. В районах Восточной и Центральной Сибири преобладают продолжительные холодные зимы.

Одним из самых протяженных по территории регионов Сибирского федерального округа является Красноярский край. Площадь субъекта составляет 2 366 797 км², что соответствует второму по площади региону РФ. При этом на

территории Красноярского края выделяют арктический, субарктический и умеренный климатические пояса. Для исследования выбраны 2 города Красноярского края – г. Красноярск и г. Норильск, в качестве примеров умеренного и субарктического климатических поясов.

Согласно своду правил [2], продолжительность отопительного периода для г. Красноярск составляет 234 дня, температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 составляет -37°C . Для г. Норильск продолжительность отопительного периода составляет 296 дней, температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 составляет -47°C .

В результате обработки данных [3] определено, что наиболее холодным месяцем является январь. Наибольшая температура за холодный период 2023 года: для г. Красноярск $+1^{\circ}\text{C}$, для г. Норильск $-4,4^{\circ}\text{C}$; наименьшая температура за холодный период 2023 года: для г. Красноярск -43°C , для г. Норильск $-50,1^{\circ}\text{C}$.

В летний период наиболее теплым месяцем является июль. Наибольшая температура за теплый период 2023 года: для г. Красноярск $+35,6^{\circ}\text{C}$, для г. Норильск $+28,9^{\circ}\text{C}$ [3].

Важным условием комфортного пребывания в зданиях является температурный режим. Согласно нормативной документации [4], температура в помещениях с постоянным пребыванием людей должна находиться в диапазоне $18-24$ (26) $^{\circ}\text{C}$.

Процессы термического расширения при этом снаружи уменьшают размеры оконного профиля, а внутри увеличивают. Итогом разных температурных процессов является температурный изгиб оконного профиля. Стоит отметить, чем больше разность температур, тем больше изгиб оконного ПВХ профиля.

Современное окно представляет собой рамную конструкцию замкнутого типа площадью до 6 м^2 [5]. Крепление конструкции выполняется по всему периметру рамы в абсолютно жестком проеме наружной стены с малым шагом крепежных элементов по шарнирной схеме с одной степенью свободы. Данная схема закрепления предполагает возможность свободного температурного расширения изделия в плоскости проема при ограничении выгиба рамы из плоскости [6].

Установка и крепление оконного блока с профилем из ПВХ должны выполняться в соответствии [7]. Расположение крепежных элементов оконных блоков для крепления в проемах изображено на рисунке 1. Схема размещения затворов створки оконного блока с профилем из ПВХ изображена на рисунке 2.

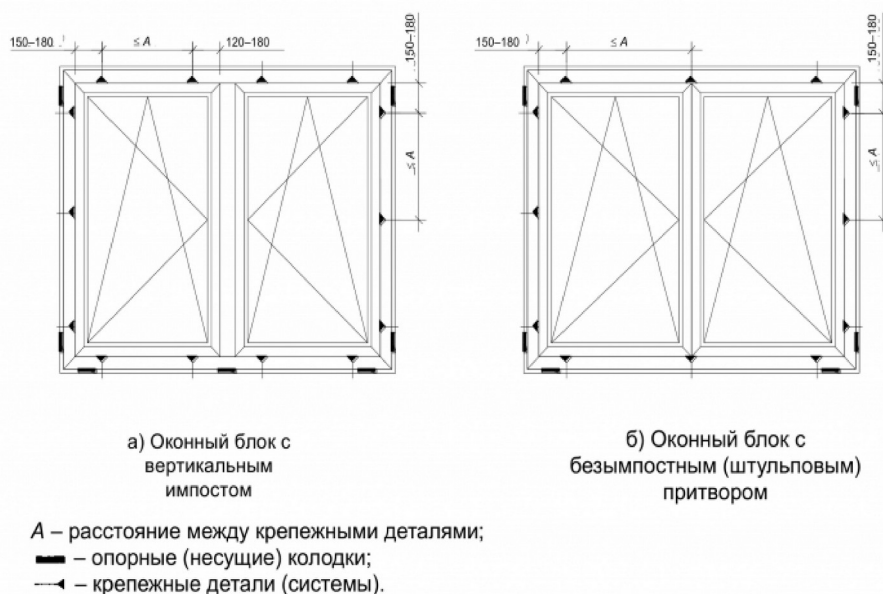


Рисунок 1 - Расположение крепежных элементов для оконного блока с профилем из ПВХ
 DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.1>

Примечание: источник [7]

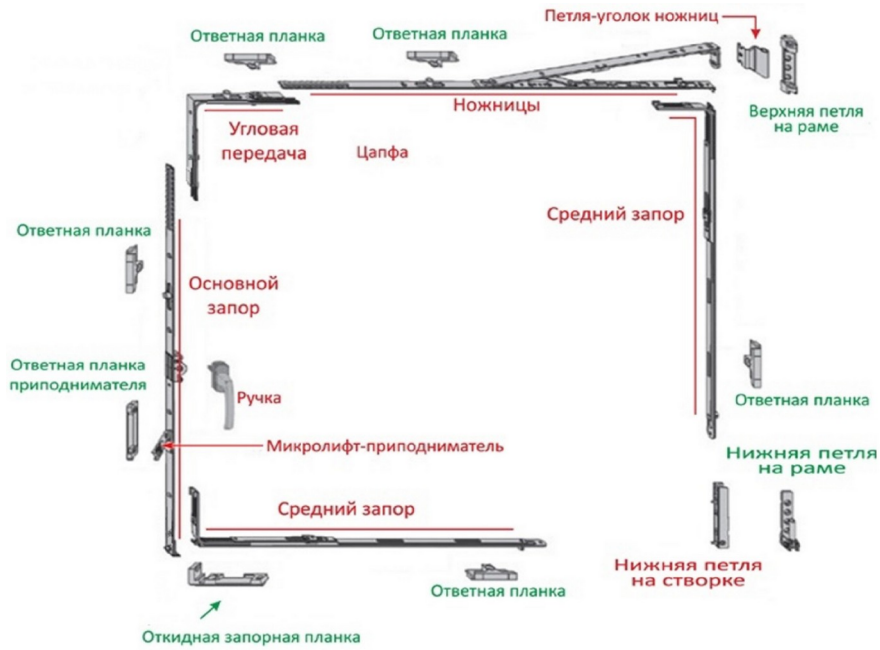


Рисунок 2 - Схема размещения затворов створки оконного блока с профилем из ПВХ
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.2>

Примечание: источник [8]

Исходя из схем на рисунках 1 и 2, следует что створка окна фиксируется в 6 точках крепления, а наиболее подверженным деформации оконным ПВХ-профилем является импост. На рисунке 3 показаны размеры и поперечное сечение импоста и схема его крепления.

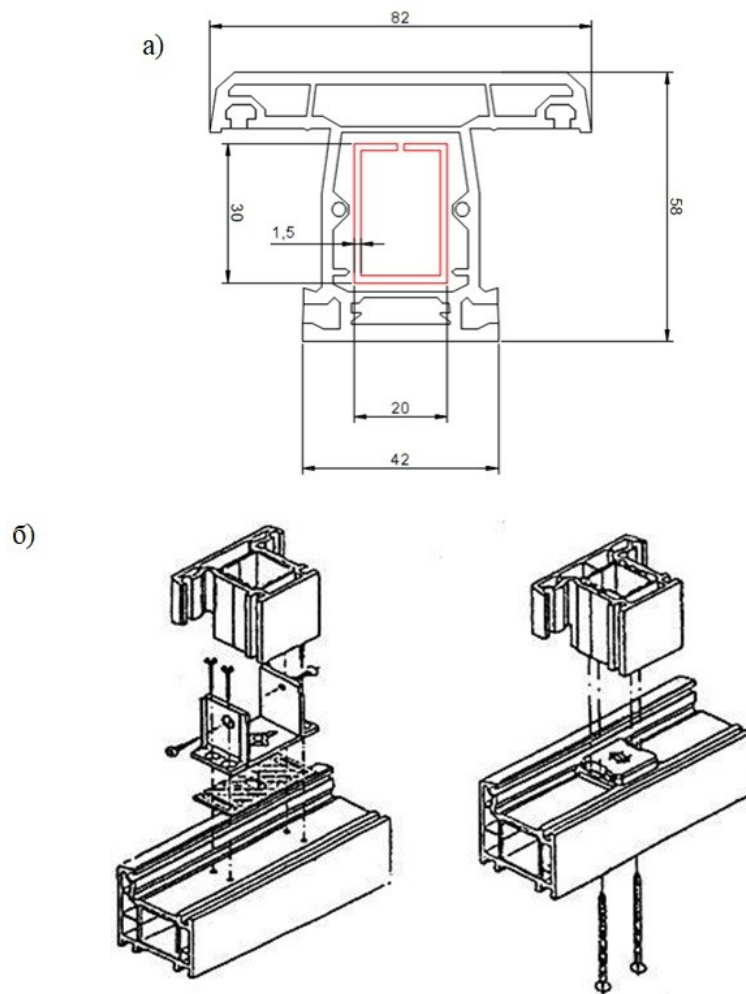


Рисунок 3 - Размеры импоста в сечении (а) и схема крепления ПВХ-импоста к раме оконного блока (б)
 DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.3>

Примечание: источник [6]

Выдвигается предположение, что под действием разницы температур наружного воздуха и температуры в помещении импост окна из поливинилхлорида может отклоняться от линейности на значение, превышающее предельное согласно [1].

В рамках исследований было проведено численное моделирование работы импоста оконного блока из ПВХ монтажной шириной 58 мм в климатических условиях г. Красноярска и г. Норильск.

В качестве модели предложена конструкция оконного блока из армированных ПВХ профилей. Размеры расчетной модели составляют 1280x1520 мм. Расчетная модель оконного блока представлена на рисунке 4.

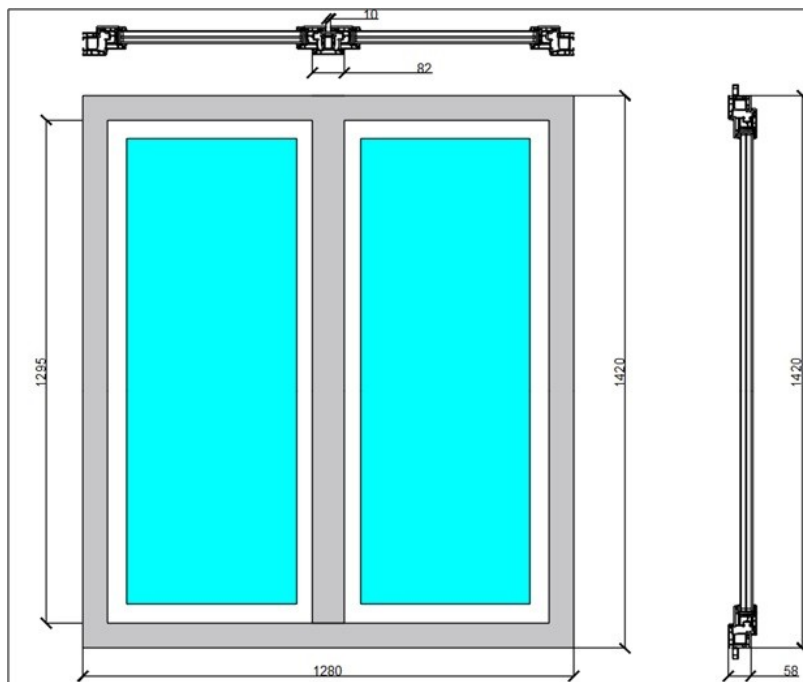


Рисунок 4 - Расчетная модель оконного блока

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.4>

Для моделирования климатических воздействий и изучения работы конструкции был использован программный пакет COMSOL Multiphysics®, который позволяет выполнить моделирование различных условий и процессов в области проектирования, приближенных к реальным.

Расчет проводился в стационарных условиях с целью установления достоверности предложения о возникновении дефектов. В расчете были использованы пакетные модули Heat transfer in solid и Solid mechanics.

Граничные условия для профилей оконных блоков, которые были использованы в исследовании работы конструкции, представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Граничные условия эксплуатации конструкций

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.5>

Наименование	Показатель
Heat transfer in solid	
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности окна, α_{int}	8 Вт/(м ² ·К), [9]
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, α_{ext}	23 Вт/(м ² ·К), [9]
Внутренняя температура, T_{int}	+21 °С [2], [4]
Наружная температура (г. Красноярск), T_{ext}	-37 °С [2]
Наружная температура (г. Норильск), T_{ext}	-47 °С [2]
Solid mechanics	
Граничные условия	Rigid connector
Тип соединения	Rigid type of connection
Перемещения и повороты на нижнем конце	Перемещение по X,Y,Z; поворот по оси X,Y
Перемещения и повороты на верхнем конце	Перемещение по Y,Z; поворот по оси X,Y

Такой тип закрепления оконного профиля в большей степени отражает реальные условия работы в конструкции окна.

Заданные свойства материалов, используемые в расчете, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристики материалов оконных блоков

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.6>

Наименова	ρ , кг/м ³	λ , Вт/(м·К)	C_p ,	α_n ,	E,	n
-----------	----------------------------	----------------------	---------	--------------	----	---

ние			Дж/(кг·К)	(1/К)	(Па)	
Поливинил хлорид	1350	0,2095	1005	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$3,275 \cdot 10^9$	0,38
Сталь 1008 (КВЕ 203)	7850	60	485	12,5	$205 \cdot 10^9$	0,3
Воздушная прослойка	1,3	0,422	1005	0,0037	$6 \cdot 10^5$	1,4

Результаты исследования

В ходе численного моделирования были получены расчетные значения отклонений от линейности импостов в виде прогибов конструкции. Результаты расчёта модели в COMSOL Multiphysics® в стационарных условиях представлены на рисунках 5-9.

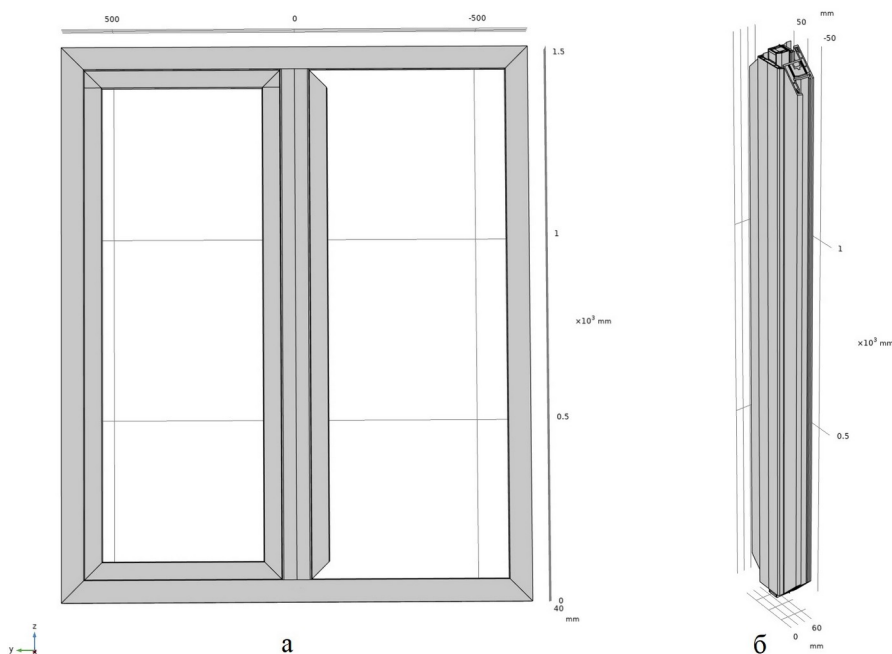


Рисунок 5 - Оконный блок (а) и стык импоста и створок оконного блока (б)

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.7>

Примечание: принятая к расчету численная модель оконных профилей из ПВХ

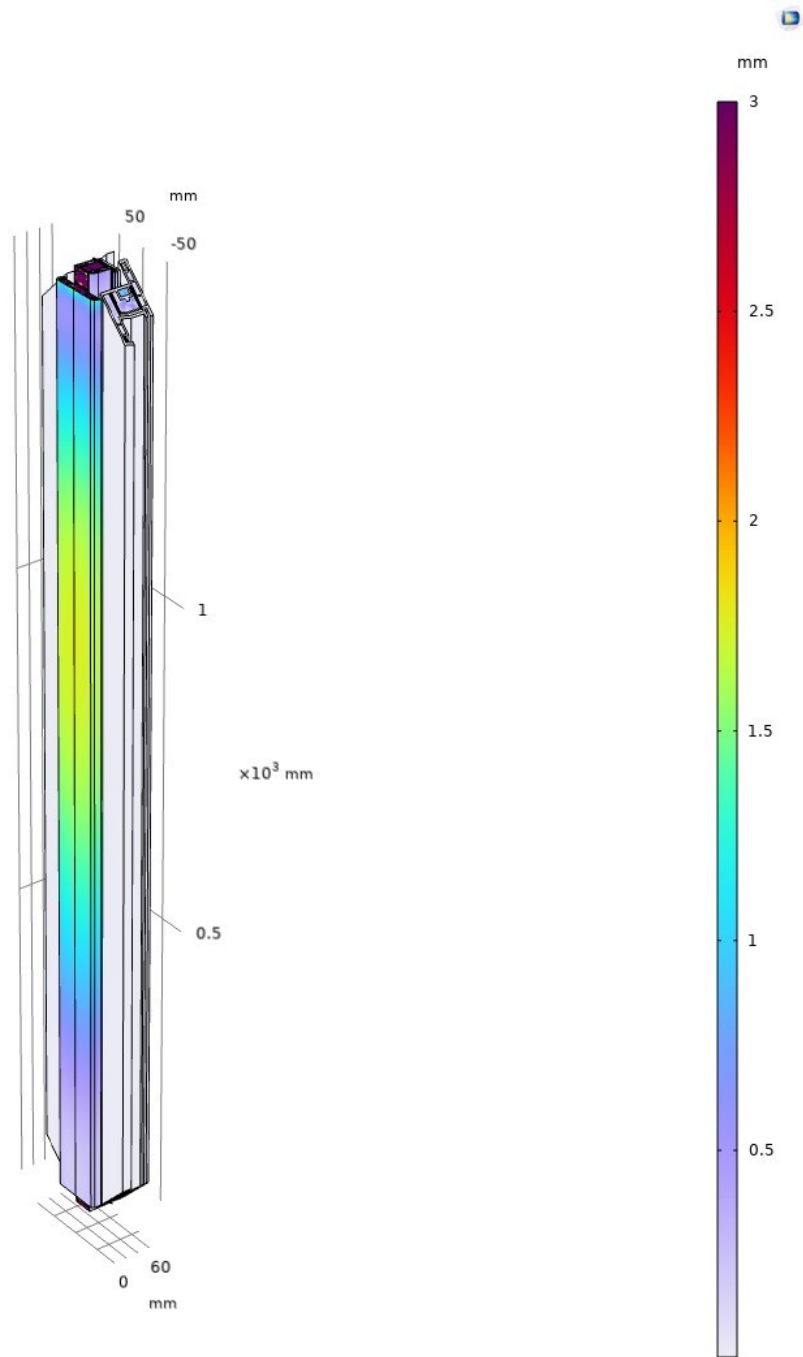


Рисунок 6 - Деформированная схема импоста оконного блока из ПВХ профиля с монтажной шириной 58 мм для г. Красноярск
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.8>

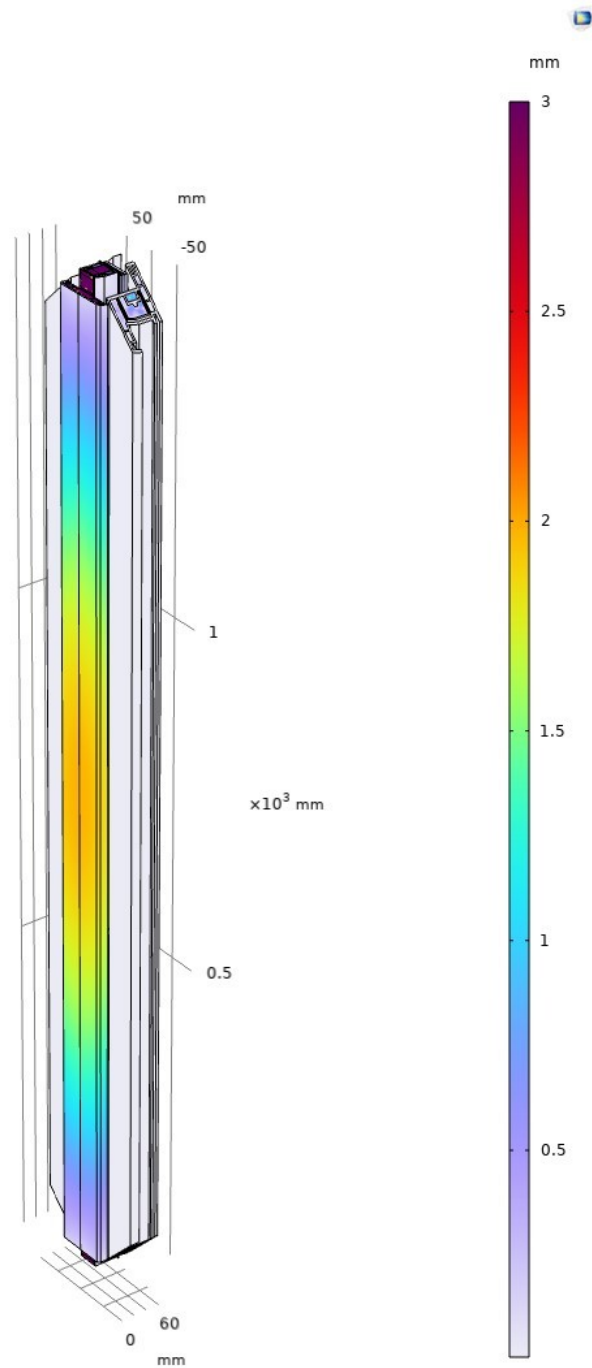


Рисунок 7 - Деформированная схема импоста оконного блока из ПВХ профиля с монтажной шириной 58 мм для г. Норильск
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.9>

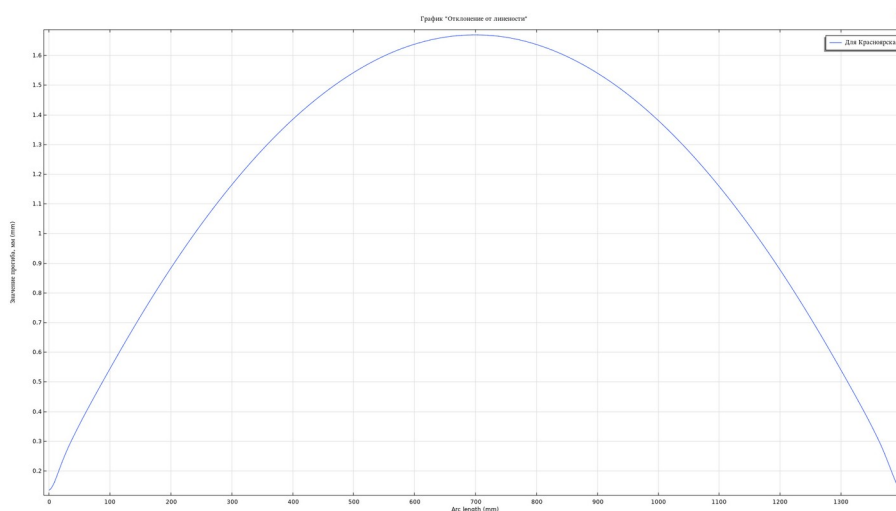


Рисунок 8 - График отклонения от линейности импоста оконного блока из ПВХ профиля с монтажной шириной 58 мм для г. Красноярск
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.10>

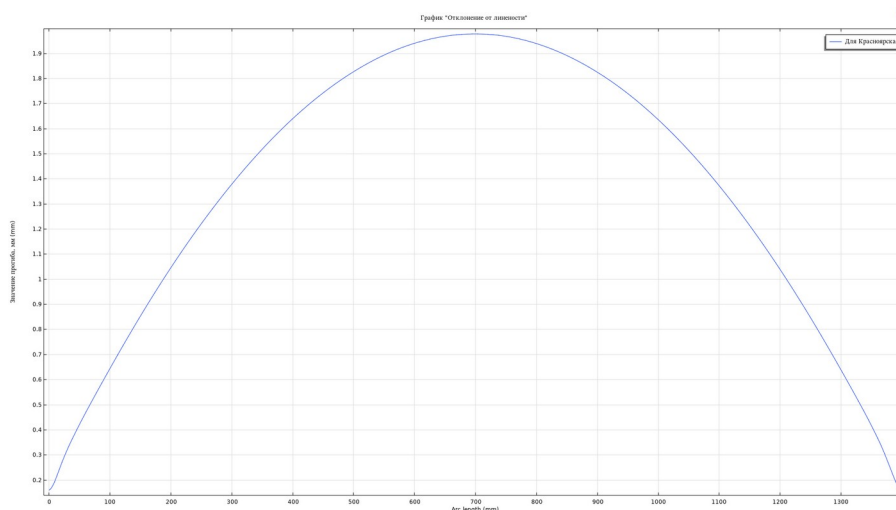


Рисунок 9 - График отклонения от линейности импоста оконного блока из ПВХ профиля с монтажной шириной 58 мм для г. Норильск
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.11>

Заключение

Результаты, приведенные на схеме и графике отклонения от линейности профиля ПВХ, показывают, что при наружной температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 принятой -37°C и температуре воздуха внутри помещения принятой $+21^{\circ}\text{C}$ прогиб импоста в центре составляет 1,75 мм. При наружной температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 принятой -47°C и температуре воздуха внутри помещения принятой $+21^{\circ}\text{C}$ прогиб импоста в центре составляет 1,98 мм. Полученное значение на 35% больше предельно допустимого значения принятого 1,4 мм [5], [6], [7]. Исходя из особенности конструкции оконного блока [6], [7], [10], деформация исследуемого элемента (импоста) влечет неплотную герметизацию проема, что усиливает неорганизованную инфильтрацию воздуха через оконный блок в холодный период эксплуатации.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Вишторский Е.М., Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.12>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Vishtorsky E.M., Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2024.49.2.12>

Список литературы / References

1. Российская Федерация. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон № 261-ФЗ: [2009-11-11 :2009-11-11]. 2009. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 04.06.2024)
2. СП131.13330.2020 Строительная климатология — Введ. 2021-06-25. — Москва: Минстрой России, 2020.— 153 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 04.06.2024)
3. Архив погоды // Погода и климат. — 2023 — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=23078&bday=1&fday=31&amonth=8&ayear=2023&bot=2> (дата обращения: 01.05.2024)
4. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении — Введ. 2013-01-01. — Москва: Стандартинформ, 2013.— 15 с. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения: 01.05.2024)
5. ГОСТ 23166-99 Блоки оконные. Общие технические условия — Введ. 2001-01-01. — Москва: Стандартинформ, 2001.— 30 с.
6. ГОСТ 30971-2012. Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия — Введ. 2012-06-14. — Москва: Стандартинформ, 2012.— 41 с.
7. ГОСТ 30674-2023 Блоки балконные и оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия — Введ. 2023-12-28. — Москва: ФГБУ «Институт стандартизации», 2023.— 40 с.
8. Особенности и правила установки поворотно-откидного механизма для пластикового окна // Журнал о строительстве дома «Строим домик». — 2019 — URL: <https://stroim-domik.org/stroitelstvo/okna/vidy-ok/plastikovye/chasti/furnitura-pvh-ok/podvidy/povorotno-otkidnoj-mehanizm> (дата обращения: 12.05.2024)
9. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 — Введ. 2012-01-01. — Москва: ОАО «НИЦ «Строительство», 2012.— 96 с.
10. ГОСТ 30673-2013. Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков — Введ. 2015-05-01. — Москва: Стандартинформ, 2015.— 27 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Russian Federation. Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti, i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federatsii [On energy saving and energy efficiency improvement, and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation] : Federal Law No 261-ФЗ: [2009-11-11 :2009-11-11]. 2009. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (accessed: 04.06.2024) [in Russian]
2. SP131.13330.2020 Stroitel'naja klimatologija [SP 131.13330.2020 Building climatology] — Introduced 2021-06-25. — Moskva: Minstroj Rossii, 2020.— 153 p. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (accessed: 04.06.2024) [in Russian]
3. Arhiv pogody [Weather archive] // Weather and climate. — 2023 — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=23078&bday=1&fday=31&amonth=8&ayear=2023&bot=2> (accessed: 01.05.2024) [in Russian]
4. GOST 30494-2011 Zdanija zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimate v pomeschenii [GOST 30494-2011 Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters] — Introduced 2013-01-01. — Moskva: Standartinform, 2013.— 15 p. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (accessed: 01.05.2024) [in Russian]
5. GOST 23166-99 Bloki okonnye. Obschie tehicheskie uslovija [GOST 23166-99 Window blocks. General technical conditions] — Introduced 2001-01-01. — Moskva: Standartinform, 2001.— 30 p. [in Russian]
6. GOST 30971-2012. Shvy montazhnye uzlov primykaniy okonnyh blokov k stenovym proemam. Obschie tehicheskie uslovija [GOST 30971-2012. The seams of the mounting nodes of the window blocks abutments to the wall openings. General technical conditions] — Introduced 2012-06-14. — Moskva: Standartinform, 2012.— 41 p. [in Russian]
7. GOST 30674-2023 Bloki balkonnnye i okonnye iz polivinilhloridnyh profilej. Tehicheskie uslovija [GOST 30674-2023 Balcony and window blocks made of polyvinyl chloride profiles. Technical conditions] — Introduced 2023-12-28. — Moskva: FGBU «Institut standartizatsii», 2023.— 40 p. [in Russian]
8. Osobnosti i pravila ustanovki povorotno-otkidnogo mehanizma dlja plastikovogo okna [Features and rules of installation of a swing-out mechanism for a plastic window] // Building a house magazine "Building a house". — 2019 — URL: <https://stroim-domik.org/stroitelstvo/okna/vidy-ok/plastikovye/chasti/furnitura-pvh-ok/podvidy/povorotno-otkidnoj-mehanizm> (accessed: 12.05.2024) [in Russian]
9. SP 50.13330.2012 Teplovaja zaschita zdaniy. Aktualizirovannaja redaktsija SNiP 23-02-2003 [SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. Updated version of SNiP 23-02-2003] — Introduced 2012-01-01. — Moskva: ОАО «НИЦ «Строительство», 2012.— 96 p. [in Russian]
10. GOST 30673-2013. Profili polivinilhloridnye dlja okonnyh i dvernyh blokov [GOST 30673-2013. PVC profiles for window and door blocks] — Introduced 2015-05-01. — Moskva: Standartinform, 2015.— 27 p. [in Russian]