



Research Article

Received: April 19, 2022

Accepted: July 01, 2022

Published: July 04, 2022

ISSN 2304-6295

Temperature stresses in the perforated overlap disc

Kuznetsov, Anatolij V.¹ Zimin Sergej S.² ¹ Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russian Federation; akuznetsov@pgups.ru² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation;

zimin_ss@spbstu.ru

Correspondence: email akuznetsov@pgups.ru; contact phone [+79112151144](tel:+79112151144)

Keywords:

Overlap disk; External enclosing structures; Temperature field; Temperature deformations; Stress-strain state; Structural defects

Abstract:

The object of research are buildings erected using monolithic technology, namely, a fragment of a cantilever release of a reinforced concrete floor disk with a perforation device for thermal liner. The purpose of the study is to identify the causes of emergency situations of console releases of the overlap disk, taking into account external climatic influences on buildings of the types under consideration. The problem of the influence of such factors on the overlap disk with perforation for thermal liner is considered.

Method. The calculation uses the most common geometric parameters that take into account certain ratios of the perforation step. The initial values were taken as the temperature of the closure of the structure for the conditions of St. Petersburg (Russian Federation) in the warm and cold period of the year. **Results.** The nature of changes in linear deformations, normal and tangential stresses, taking into account temperature influences, is revealed. The analysis of the causes of the formation of concrete destruction and the formation of cracks in the cantilever outlets of the overlap disk is given.

1 Introduction / Введение

Ужесточение требований к термическому сопротивлению ограждающих конструкций в Российской Федерации на рубеже XX-XXI вв. привело к практически полному отказу от однослойных несущих наружных стен и стимулировало выработку конструктивных решений многослойных ненесущих наружных стен [1] для зданий, возводимых по монолитной конструктивной системе [2]-[6]. Одним из решений явилась многослойная стена с внутренним слоем из ячеистого бетона, выполняющим основную теплоизолирующую функцию, и наружным (лицевым) слоем из кирпичной кладки, который, в первую очередь обеспечивает необходимую защиту (для внутреннего слоя) от внешних воздействий и формирует архитектурно-эстетический облик здания [7]-[10]. Внутренний и наружный слои соединяют при помощи гибких связей, в качестве которых могут выступать отдельные арматурные стержни или сетки (в том числе из композитных материалов) [11]-[14]. Конструктивных модификаций подобных стен за два последних десятилетия выработано достаточно много [15]-[17]. При этом многие модификации предполагают опирание лицевого кирпичного слоя непосредственно на край плит перекрытий, то есть наружная стена полностью устраивается между плитами перекрытия (при сопряжении стены с верхней плитой предусматривается деформационный шов) [18]-[21]. Распространение данного решения обусловлено относительной простотой устройства подобной стены, однако, с другой (теплофизической) стороны данное и ему подобные решения обладают существенным недостатком – торцы плит перекрытий, выходя наружу (рис. 1а), являются «мостиками холода», увеличивающими теплопотери из помещений [22]-[24]. Для уменьшения теплопотерь, на концах

Kuznetsov A.; Zimin S.

Temperature stresses in the perforated overlap disc;

2022; *Construction of Unique Buildings and Structures*; **101** Article No 10103. doi: 10.4123/CUBS.101.3

консольных выпусков плит предусматривают перфорацию – отверстия (рис. 1б), в которые закладывают теплоизоляционный материал (далее – *термовкладыши*). В целях недопущения промерзания несущих конструкций, расположение термовкладышей должно совпадать со слоем утеплителя в стене [25]–[28]. При этом, при устройстве перфорации существенно меняется схема работы торцевых участков плиты, вертикальная грань которых обращена в сторону внешней среды. Участок от торца плиты до отверстий перфорации (рис. 1в) можно рассмотреть в виде бруса (далее – «*торцевой брус*»), соединенного с основной плитой участками-перемычками между отверстиями перфорации (далее – «*шпонки*»).

а)



б)



в)

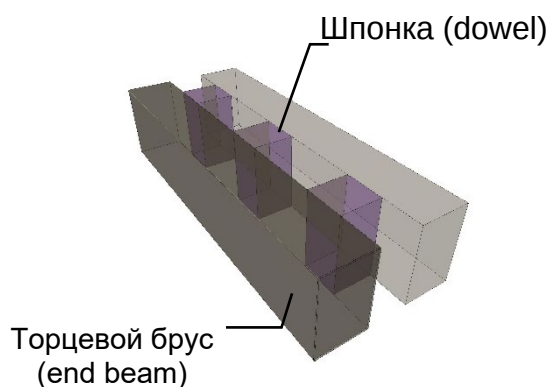


Рис. 1– Фрагмент здания возведённого по монолитной технологии (фотографии авторов)
 а) Фрагмент сопряжения наружной стены здания с диском перекрытия; б) Диск перекрытия с перфорацией под термовкладыши; в) Поэлементная разбивка диска перекрытия
Fig. 1– Fragment of a building erected using monolithic technology (photos of the authors)
 а) Fragment of the conjugation of the outer wall of the building with the floor disc; б) Overlapping disc with perforation for thermal inserts; в) Element-wise partitioning of the overlap disk

При проектировании зданий расчет плит в зоне устройства перфорации ведут на восприятие нагрузки от веса наружной стены, которая обуславливает работу шпонок на изгиб и сдвиг из плоскости плиты по консольной схеме (от нагрузки от веса лицевого слоя, опирающегося на торцевой брус). При этом, в предположении относительной замкнутости наружной оболочки здания (наружная стена на этаж – термовкладыши в отверстиях перфорации – наружная стена на этаж), расчет плит на температурные воздействия не проводят. Однако, вертикальная грань торцевого бруса, выходящая в плоскость фасада испытывает температурные деформации в горизонтальной плоскости, вынуждая шпонки работать на изгиб и сдвиг в плоскости плиты. Учитывая сложный характер сопротивления, который испытывают шпонки (изгиб и сдвиг из плоскости плиты от веса наружной стены и изгиб и сдвиг в плоскости плиты от температурных деформаций), следует отметить, что неучёт температурно-климатических воздействий, которые носят циклический характер, может со временем привести к аварийным ситуациям в зоне торцов плит, в частности, к фрагментарным обрушениям лицевых слоёв, которые имеют непосредственное опирание на торцевой брус. Целью настоящей статьи является выявление формирования напряженно-деформированного состояния железобетонных плит перекрытий в зоне устройства перфорации при температурно-климатических воздействиях.

2 Materials and Methods / Материалы и методы

Единственным нормативным документом на территории Российской Федерации регулирующим в теплотехническом отношении вариативность шага перфорации в плитах перекрытий под устройство термовкладышей является нормативный документ СП 230.1325800.2015 [25]. В частности, в Приложении Г.3 утверждается, что основными параметрами, характеризующими перфорацию плиты являются (рис. 2): отношение длины термовкладышей a к расстоянию между ними b : a/b (варьируется в таблицах Приложения Г.3 от 1/1 до 1/5) и толщина перфорируемого слоя или термовкладыша d_t (в таблицах Приложения Г.3 принято фиксированное значение 160 мм). При этом, таблицы Приложения Г.3 дают возможность определить значение удельной потери теплоты ψ , Вт/(м·°С) для узлов сопряжения плиты перекрытия с наружной несущей многослойной стеной различной конструкции, однако сведения о влиянии отношения a/b на напряжённо-деформированное состояние (далее – НДС) плиты перекрытия в зоне перфорации при температурных воздействиях, отсутствуют [25].

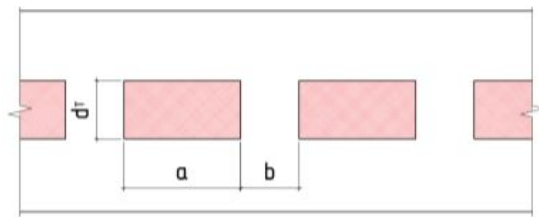


Рис. 2– Схема размещения перфорации диска перекрытия
Fig. 2- The layout of the perforation of the overlap disk

Для анализа НДС плиты перекрытия в зоне перфорации при температурных воздействиях выполнен расчет фрагмента плиты на угловом участке (при пересечении продольной и поперечной стен) в комплексе конечно-элементного моделирования ANSYS в твердотельной пространственной постановке (рис. 3), предусматривающей моделирование железобетона как гетерогенного материала, состоящего из арматурных стержней и бетона.

Ширина плиты расчетного фрагмента принята равной 1 м; длина принималась в соответствии с фиксированным количеством отверстий перфорации – 7 шт. Толщина плиты в расчетной модели принята равной 200 мм, класс бетона В20, класс арматуры А500 (данные характеристики нашли наибольшее применение в монолитном домостроении).

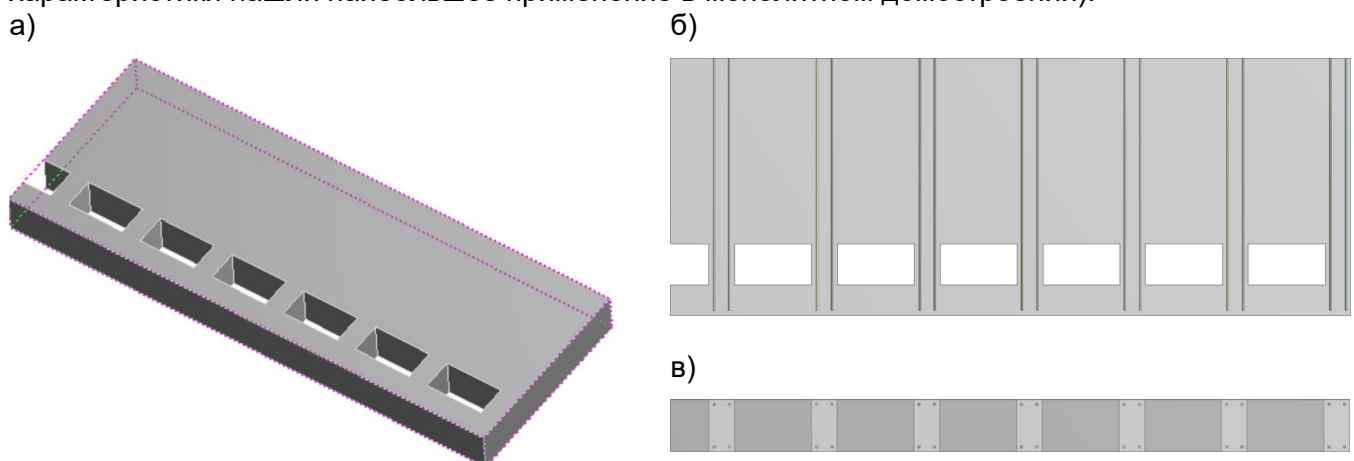


Рис. 3 – Расчетная модель фрагмента в зоне перфорации при $a=300$ мм, $b=100$ мм:
а) – общий вид модели; б), в) – вид модели сверху и сбоку с арматурными стержнями в шпонках

Fig. 3 – Design model of a fragment in the perforation zone at $a = 300$ mm, $b = 100$ mm:
a) - general view of the model; b), c) - top side view of the model with reinforcing bars in the keys

Принятые в исследовании значения a и b , а также их отношения a/b приведены в таблице 1 (с учётом значений приведенных в таблицах Приложения Г.3 СП 230.1325800.2015); толщина

перфорации d_T принята равной 160 мм (фиксированное значение в соответствии с таблицами Приложения Г.3 [25]).

Таблица 1. Варианты устройства перфорации в плите перекрытия
Table 1. Variants of the perforation device in the floor slab

a/b	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1
Вариант 1					
a	100	200	300	400	500
b	100	100	100	100	100
Вариант 2					
a	150	300	450	600	750
b	150	150	150	150	150

Армирование шпонок принято в соответствии со схемами рисунка 4 (задавалось только продольные арматурные стержни шпонок), отражающими проектное и «типовое» армирование плиты одного из жилых зданий г. Санкт-Петербург (Россия). Исходные геометрические параметры взаимного расположения шпонок и торцевого бруса также приняты в соответствии с данными схемами.

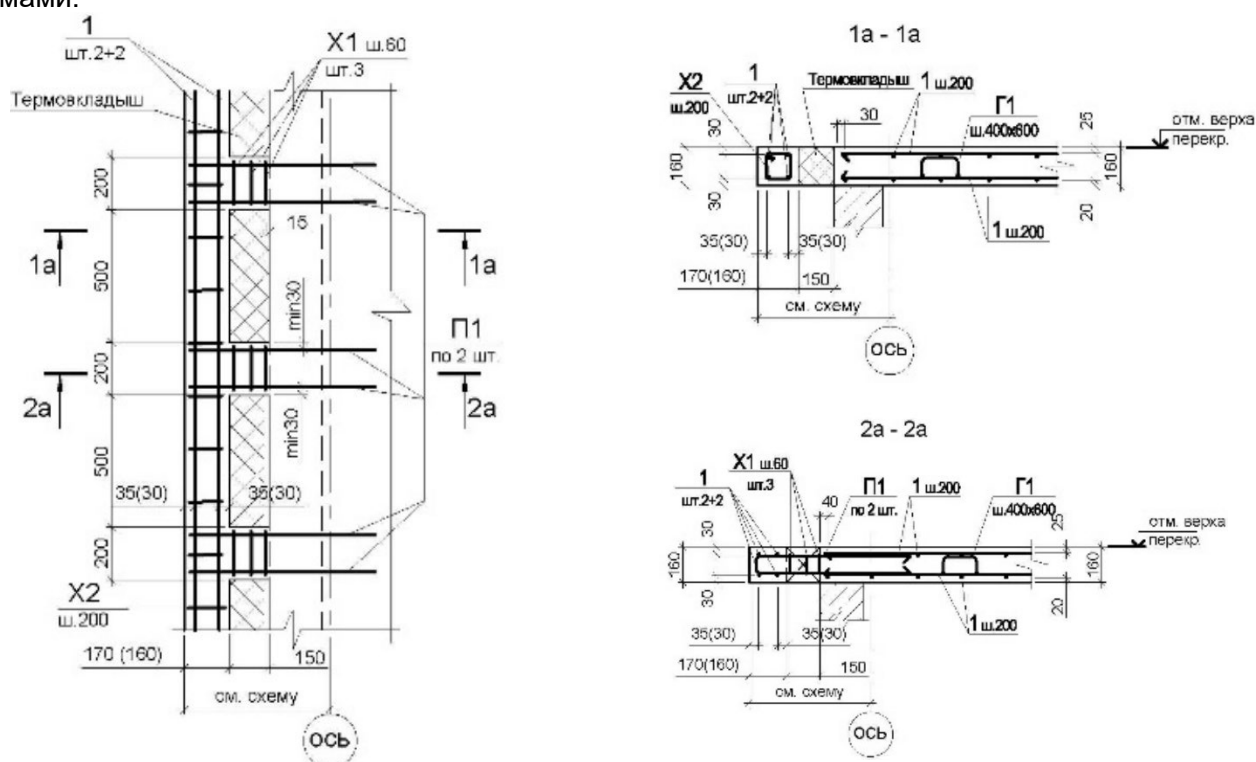


Рис. 4 – Схема армирования фрагмента плиты перекрытия в зоне устройства перфорации (схемы разработаны авторами)

Fig. 4 – Scheme of reinforcement of a slab fragment in the area of the perforation device (schemes developed by the authors)

Шпонки монолитно соединяют торцевой брус с основной частью плиты перекрытия, образуя, тем самым, статически-неопределимую подсистему. В соответствии с нормативным документом СП 20.13330 [29] нормативный температурный перепад в данном случае определяется разностями (1-2):

$$\Delta t_w = t_w - t_{0c} - \text{изменение средней температуры в теплое время года} \quad (1)$$

$$\Delta t_c = t_c - t_{0w} \quad (2)$$

– изменение средней температуры в холодное время года

где t_w , t_c – нормативные значения средних температур по сечению лицевого слоя в теплое и холодное время года;

t_{0w} , t_{0c} – начальные температуры, соответствующие замыканию лицевого слоя, в теплое и холодное время года.

Нормативные и расчетные значения нагрузки от температурных климатических воздействий определенные в соответствии с нормативным документом СП 20.13330 [29] для г. Санкт-Петербург и Ленинградской области (а также районов с аналогичными климатическими параметрами) сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Значения нагрузки от температурных климатических воздействий
Table 2. Values of load from temperature climatic influences

Параметр	Нормативное значение температур, °C			Параметр	Расчетное значение температур, °C		
	южная сторона	восточная и западная стороны	северная сторона		южная сторона	восточная и западная стороны	северная сторона
Δt_w	18,3	14,4	15,9	Δt_w	20,1	15,8	17,5
Δt_c	-23,88			Δt_c	-26,27		
$\vartheta_w = \theta_5$	6,0	7,15	2,43	$\vartheta_w = \theta_5$	6,6 °C	7,86 °C	2,67
ϑ_c^1	0			ϑ_c	0		

3 Results and Discussion / Результаты и обсуждение

При циклических сезонных и суточных колебаниях температуры воздуха, солнечной радиации и относительной влажности воздуха, ограждающие конструкции зданий, а также плиты перекрытий в зонах устройства перфорации испытывают существенные усилия, которые, в ряде случаев, являются причиной возникновения различного рода повреждений [30]-[39]. Для выявления характера напряженно-деформированного состояния плит в зоне устройства перфорации к наружной грани торцевого бруса плиты в расчетной модели (см. рис. 3) приложена нагрузка от температурного воздействия (см. табл. 2). Некоторые результаты расчета приведены на рис. 5. Так, на рис. 5 а) показано распределение температурных полей в плите при воздействии отрицательного температурного перепада. Результаты расчёта показали, что температурные поля (см. рис. 5) в зоне шпоночных соединений распределены неравномерно. При этих же значениях были вычислены перемещения вдоль торцевого бруса, максимальные значения которых превышают 1,0 мм (рис. 5 б). Диаграмма перемещений при различном соотношении а/б при воздействии отрицательного температурного перепада представлена на рис. 6.

а)

б)

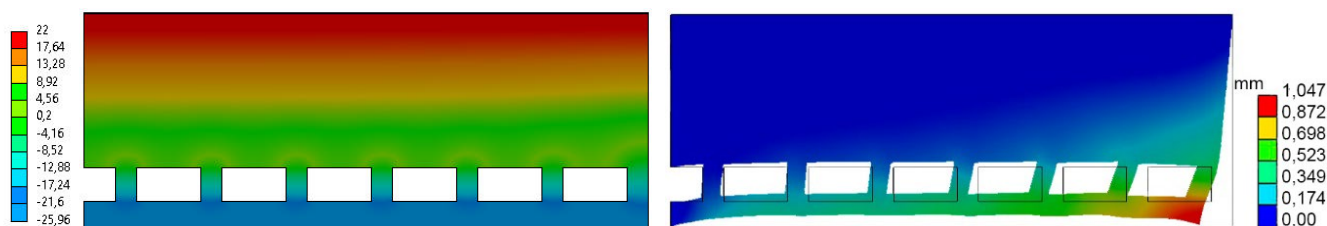


Рис. 5 – Результаты расчета фрагмента диска перекрытия в зоне перфорации при $\Delta T = -26^\circ\text{C}$, $a = 300$ мм, $b = 100$ мм: а) – распределение температурных полей по плите (22°C - температура относительного нуля); б) – изополе перемещений (мм) вдоль торцевого бруса

Fig. 5– Results of calculating a fragment in the perforation zone at $\Delta T = -26^\circ\text{C}$, $a = 300$ mm, $b = 100$ mm:

a) - isofield of temperature distribution over the slab (22°C - temperature of relative zero);

b) - isofield of displacements (mm) along the end bar

На диаграмме перемещений (см.рис. 6) рассматриваются случаи, когда ширина шпонки $b = 100$ мм, длина перфорации $a = 100$ мм, 200 мм, 400 мм, 500 мм ($a/b = 1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5$), количество

¹ ϑ_c - средний перепад температуры по сечению элемента в холодный период года

отверстий перфорации – 7. Из диаграммы видно, что значения горизонтальных перемещений практически линейно возрастают при увеличении отношения a/b (длины торцевого бруса).

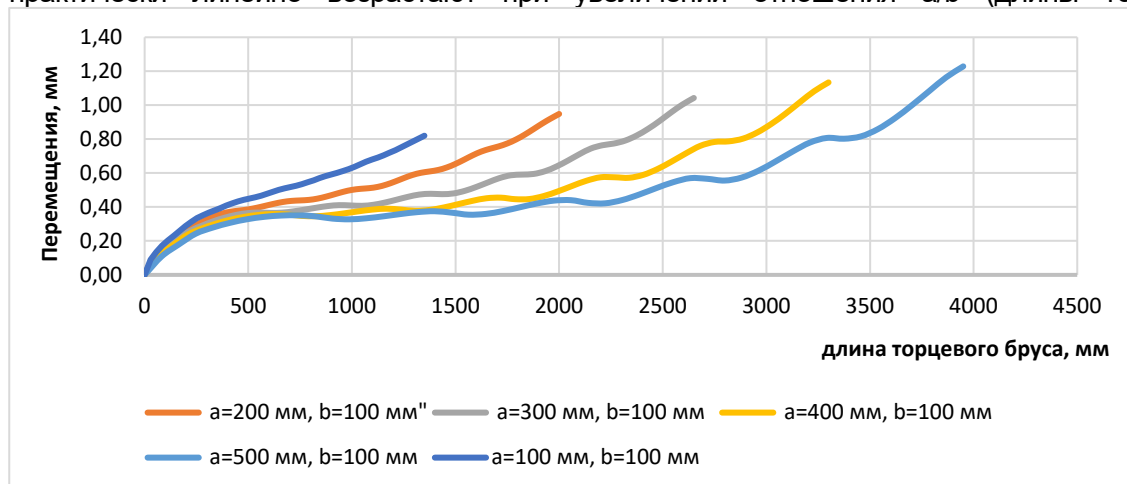


Рис. 6– Диаграмма перемещений торцевого бруса при воздействии отрицательного температурного перепада
Fig.6– Movement diagram

На рис.7 показаны сечения, для которых численными исследованиями определялись нормальные σ_z и касательные τ_{xz} напряжения. Предварительно для бетона класса В20 в соответствии с СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции» определено расчётное сопротивление растяжению $R_{bt} = 0,81$ МПа.

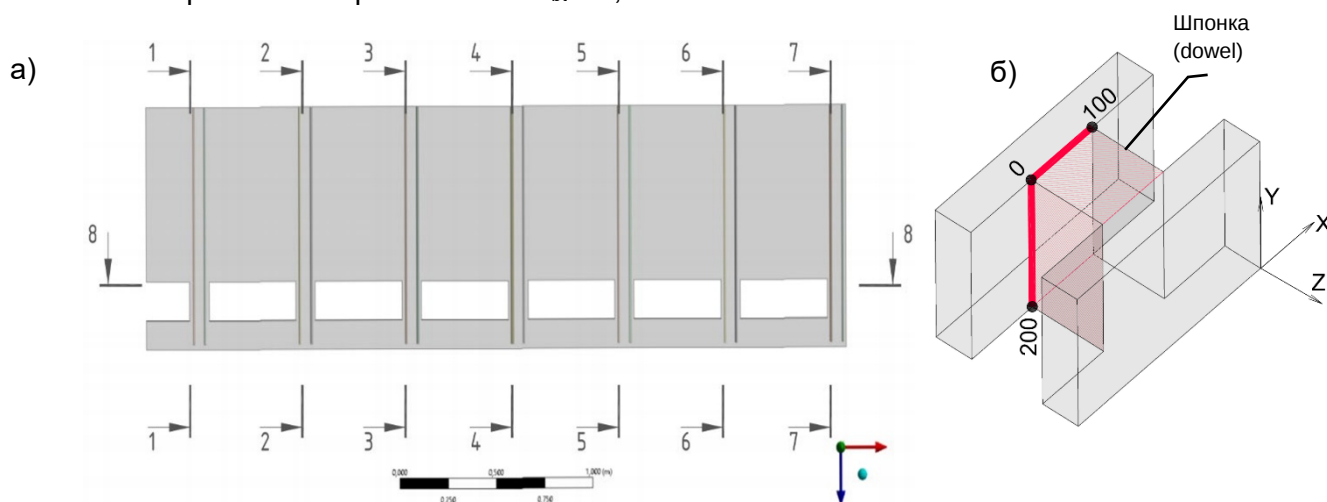


Рис.7– Схема расположения диска перекрытия с перфорацией: а) – направление расчётных сечений; б) – фрагмент участка плиты со шпонкой
Fig.7– The layout of the overlap disk with perforation: a) - the direction of the calculated cross sections; б) - a fragment of a section of the plate with a key

На рис.8 видно, что наибольшие значения нормальных σ_z и касательных τ_{xz} напряжений превосходят значение расчетного сопротивления $R_{bt} = 0,81$ МПа в 7,5 раза для сечений 2-2/8-8 и в 20 раз для сечений 2-2/6-6, что неминуемо приведет к появлению трещины.

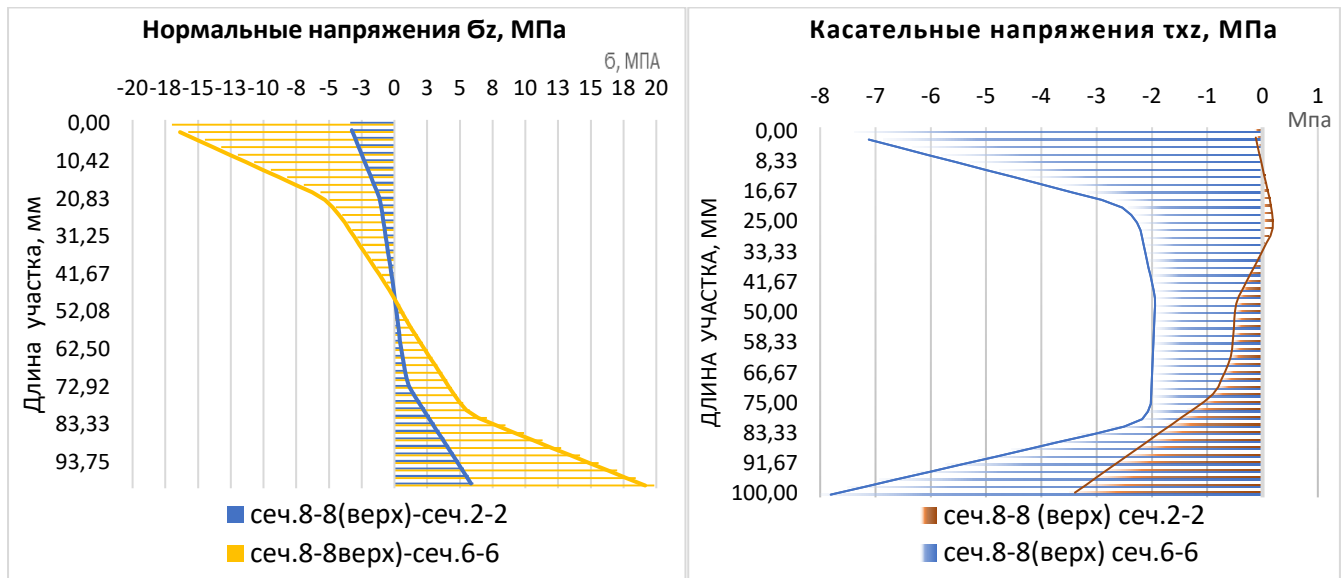


Рис. 8 – Нормальные σ_z и касательные напряжения τ_{xz} для сечений в поперечном направлении. Изменение средней температуры по сечению элемента (холодный период года) $\Delta T = -25,96^\circ\text{C}$

при $d=0,16\text{ м}$, $a=0,3\text{ м}$, (ширина) $b=0,1\text{ м}$;

Fig. 8 - Normal σ_z and tangential stresses τ_{xz} at the top for cross-sections in the transverse direction. The change in the average temperature over the cross section of the element (cold season) $\Delta T = -25.96^\circ\text{C}$; at $d=0.16\text{ м}$, $a=0.3\text{ м}$, (width) $b=0.1\text{ м}$

4 Conclusions / Выводы

- Анализ результатов численных исследований показал, что при действии отрицательных температур наружного воздуха, наибольшие напряжения возникают в местах соединения перфорации шпонками и превосходят нормативные значения расчётного напряжения в 10-30 раз в зависимости от отношения a/b (длина перфорации / ширина шпонки) и длины плиты между деформационными швами. В связи с тем, что железобетонная плита относится к материалам, обладающим большой инерционностью, при определённых климатических воздействиях зона образования температуры точки росы будет происходить на поверхностях шпонок. При этом, запущенные процессы микро- и макроскопической сегрегации льда в структуре бетонного камня будут ускорять процессы разрушения из-за действия агрегатного состояния воды [41]-[42]. В связи с этим, необходимо ставить вопрос об опасности применения подобного рода конструктивного решения в жилищном строительстве и разработке инновационных способов защиты узлов сопряжения диска перекрытия со стенами в монолитных зданиях.
- Результаты обследования плит перекрытий в зоне устройства перфорации показывают, что в строительной практике, зачастую, перфорацию устраивают со значительными отступлениями от проектных значений. В частности, при обследовании зданий выявляется нерегулярность шага перфорации и относительно широкий диапазон значений a и b . В холодный период года, в отапливаемых зданиях рассматриваемого типа, разрушение защитного слоя бетона возникает в зоне знакопеременных температурных воздействий. В диске перекрытия с перфорацией, такой характер многоциклового температурного влияния приводит к появлению трещин и деструкции бетона на боковых поверхностях шпонок. В отдельных случаях, образование характерных трещин наблюдалось в этой же зоне ещё до ввода в эксплуатацию здания.

References

- Ishchuk M.K., Otechestvennyj opyt vozvedeniya zdaniy s naruzhnymi stenami iz oblegchyonnoj kladki– M.:RIF «STROJMATERIALY», 2009.– 360 s.

Kuznetsov A.; Zimin S.

Temperature stresses in the perforated overlap disc;

2022; *Construction of Unique Buildings and Structures*; **101** Article No 10103. doi: 10.4123/CUBS.101.3



2. Koyankin, A. A. Karkas sborno-monolitnogo zdaniya i osobennosti ego raboty na raznyh zhiznennykh tsiklakh / A. A. Koyankin, V. M. Mitasov // Vestnik MGSU. – 2015. – № 9. – S. 28-35.
3. Patent № 2197578 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK E04B 1/18. Konstruktivnaya sistema mnogoetazhnogo zdaniya i sposob ego vozvedeniya (varianty) : № 2000133028/03 : zayavl. 28.12.2000 : opubl. 27.01.2003 / A. I. Mordich, R. I. Vigdorchik, L. V. Sokolovskij [i dr.] ; zayavitel' Nauchno-issledovatel'skoe i eksperimental'no-proektnoe gosudarstvennoe predpriyatie "Institut BelNIIS".
4. Proektirovanie zhilyh mnogokvartirnyh zdaniy s shirokim shagom nesushchih konstrukcij, obespechivayushchih svobodnyuyu planirovku. Metodicheskoe posobie // Ministerstvo stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii. FAU «FCS». M.: 2017.
5. Razrabotka Svoda pravil "Monolitnye konstruktivnye sistemy. Pravila proektirovaniya" / S. A. Zenin, R. SH. SHaripov, E. A. CHistyakov, O. V. Kudinov // Vestnik NIC Stroitel'stvo. – 2020. – № 4(27). – S. 18-27. – DOI 10.37538/2224-9494-2020-4(27)-18-27.
6. SP 31-107-2004. Arhitekturno-planirovochnye resheniya mnogokvartirnyh zhilyh zdaniy. [M]. (<https://docs.cntd.ru/document/1200038763>).
7. Orlovich R.B., Zimin S.S., Sazonov A.S. O rabote oblicovochного kamennogo sloya karkasnyh zdaniy pri silovyh vozdeystviyah // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2014. No 1(51).
8. Belash, T.A., Kuznetsov, A.V. Energy Efficient Wall Enclosing Structures. (2018) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 463 (3), stat'ya No 032052. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060031729&doi=10.1088%2f1757-899X%2f463%2f3%2f032052&part>. DOI: 10.1088/1757-899X/463/3/032052.
9. Vasil'ev, A. A. Razrabotka stenovyh ograzhdenij s povyshennym termicheskim soprotivleniem - osnova energoeffektivnogo stroitel'stva / A. A. Vasil'ev, M. V. Lapata, A. V. Gerashchenko // Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta: Nauka i transport. – 2011. – № 1(22). – S. 98-102.
10. Orlovich R. B. Primenenie kamnej s vysokoj pustotnost'yu v oblicovochnom sloe mnogoslojnyh sten / R. B. Orlovich, A. S. Gorshkov, S. S. Zimin // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. – 2013. – № 8(43). – S. 14-23. – DOI 10.5862/MCE.43.3.
11. Deformation compatibility of masonry and composite materials / V. V. Bupalov, D. Ucer, I. D. Salmanov [et al.] // Magazine of Civil Engineering. – 2018. – No 2(78). – P. 136-150. – DOI 10.18720/MCE.78.11.
12. Gasiev, A. A. Issledovaniya kirpichnyh prostenkov, usilennyh holstami iz uglevoloknistoj tkani, pri nagruzkah tipa sejsmicheskikh / A. A. Gasiev // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. – 2015. – № 5(262). – S. 70-76.
13. Kurlapov, D. V. Tekhnicheskoe obsledovanie fundamentnyh plit, armirovannyh kompozitnoj armaturoj / D. V. Kurlapov, B. G. Milyutin, A. V. Habarkov // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2018. – № 1(109). – S. 81-84.
14. Patent na poleznuyu model' № 206114 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK E04C 5/07. Kompozitnaya armatura : № 2021119750 : zayavl. 06.07.2021 : opubl. 24.08.2021 / O. YU. Belyaev.
15. Vatin N. I. Kirpich i kamni s vysokoj pustotnost'yu v oblicovochnoj kladke naruzhnyh sten (v poryadke nauchnoj diskussii) / N. I. Vatin, S. V. Kornienko // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. – 2017. – № 1(52). – S. 86-92. – DOI 10.18720/CUBS.52.7.
16. Grinfel'd G. I. Kirpich i kamni s vysokoj pustotnost'yu v oblicovochnoj kladke naruzhnyh sten / G. I. Grinfel'd, A. A. Vishnevskij // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. – 2016. – № 11(50). – S. 22-36. – DOI 10.18720/CUBS.50.2.
17. Granovskij, A. V. Primenenie kompozitnoj setki na osnove bazal'tovogo volokna dlya usileniya kamennoj kladki / A. V. Granovskij, B. K. Dzhamuev, A. I. Dottuev // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2016. – № 5. – S. 31-35.
18. Lebedeva A. V. Vliyanie temperaturno-klimaticheskikh vozdeystvij na napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie monolitnogo zhelezobonnogo karkasa zdaniya / A. V. Lebedeva, S. A. Tumakov // Zhilishchnoe hozyajstvo i kommunal'naya infrastruktura. – 2019. – № 4(11). – S. 9-14.
19. Volkov, A. S. Vliyanie defektov stroitel'stva na nesushchuyu sposobnost' zhelezobonnyh konstrukcij monolitnogo karkasnogo zdaniya / A. S. Volkov, E. A. Dmitrenko, A. V. Korsun // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. – 2015. – № 2(29). – S. 45-56.

Kuznetsov A.; Zimin S.

Temperature stresses in the perforated overlap disc;

2022; *Construction of Unique Buildings and Structures*; **101** Article No 10103. doi: 10.4123/CUBS.101.3



20. Moiseenko, A. V. Analiz metodik opredeleniya parametrov vozdejstviya udarnyh voln na zdaniya i sooruzheniya / A. V. Moiseenko, A. S. Volkov, D. V. Suyarko // *Vestnik Donbasskoj nacional'noj akademii stroitel'stva i arhitektury*. – 2018. – № 4-1(132). – S. 17-20.
21. Ishchuk M. K. Mekhanizm obrazovaniya treshchin v kladke licevogo sloya naruzhnyh sten pri temperaturnyh vozdejstviyah / M. K. Ishchuk, V. L. Ishchuk, G. I. SHapiro // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. – 2021. – № 2(94). – S. 14-27. – DOI 10.33979/2073-7416-2021-94-2-14-27.
22. Orlovich R. B. Povrezhdenie kamennogo licevogo sloya v zone sopryazheniya s zhelezobetonnyimi perekrytiyami / R. B. Orlovich, V. N. Derkach, S. S. Zimin // *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. – 2015. – № 8(60). – S. 30-37. – DOI 10.5862/MCE.60.4.
23. Ishchuk M. K. Novoe v proektirovanii naruzhnyh sten s licevym sloem iz kamЕННОj kladki / M. K. Ishchuk // *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. – 2019. – № 1-2. – S. 8-13. – DOI 10.31659/0044-4472-2019-1-2-8-13.
24. Izbickaya, YU. S. Analiz defektov i metody remonta licevogo sloya kirpichnoj kladki mnogoslojnyh sten na primere zhilogo doma v G. Permi / YU. S. Izbickaya, S. V. Kaloshina, D. G. Zolotozubov // *Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*. – 2019. – T. 10. – № 4. – S. 40-50. – DOI 10.15593/2224-9826/2019.4.04.
25. SP 230.1325800.2015 Konstrukcii ograzhdayushchie zdaniy. Harakteristiki teplotekhnicheskikh neodnorodnostej (s izmeneniem N 1). M.: Minstroy Rossii, 2015 g. (<https://docs.cntd.ru/document/1200123088>).
26. Termovkladyshe PENOPLEKS-innovacionnyj produkt dlya primeneniya v monolitnom domostroenii// *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2017. No 8. URL: itm7454.pdf (rifsm.ru). Data obrashcheniya (05.10.2021).
27. Umnyakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Teploobmen na poverhnosti vystupayushchih elementov naruzhnyh ograzhdenij. // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. 2016. No 4 (364). C.157 – 160.
28. Umnyakova N.P., Andrejceva K.S., Smirnov V.A. Vliyanie konstrukcij uzlov na raspredelenie koefficientov teploobmena na poverhnosti zhelezobetonnoj balkonnoj plity. // *Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii*. 2016. No 2 (14). S.60 – 71.
29. SP 20.13330.2016 Nagruzki i vozdejstviya. Aktualizirovannaya redakciya SNIIP 2.01.07-85* (s izmeneniyami N 1, 2, 3). M.: Minstroy Rossii, 2017 g. (<https://docs.cntd.ru/document/456044318>).
30. Tihonov I. N. Raschet i konstruirovaniye zhelezobetonnyh monolitnyh perekrytij zdaniy s uchetom zashchity ot progressiruyushchego obrusheniya / I. N. Tihonov, M. M. Kozelkov // *Beton i zhelezobeton*. – 2009. – № 3. – S. 2-8.
31. Patent № 2709470 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK G01N 33/38, G01N 17/00, G01N 3/18. Sposob opredeleniya dolgovechnosti kirpichnoj kladki : № 2019101824 : zayavl. 23.01.2019 : opubl. 18.12.2019 / D. YU. Zheldakov, V. G. Gagarin, V. V. Kozlov [i dr.] ; zayavitel' federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie "Nauchno-issledovatel'skij institut stroitel'noj fiziki Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk" (NIISF RAASN).
32. Yarov V.A., Koyankin A.A., Skripal'shchikov K.V. Eksperimental'nye issledovaniya uchastka monolitnogo perekrytiya mnogoetazhnogo zdaniya. *Vestnik MGSU*. 2009. 4(3). s. 150-153.
33. Yarov V.A., A.A. Koyankin A.A., Skripal'shchikov K.V. Issledovaniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya monolitnyh perekrytij, vpolnennyh s teploizoliruyushchimi vstavkami. *Vestnik MGSU*. 2010. 5(1). s. 107-112.
34. Dovzhenko, O. A. Effektivnye shponochnye soedineniya mnogopustotnyh plit perekrytij so stenami v sovremennom krupnopanel'nom domostroenii / O. A. Dovzhenko, V. V. Pogrebnoj, L. V. Karabash // *Nauka i tekhnika*. – 2018. – T. 17. – № 2. – S. 146-156. – DOI 10.21122/2227-1031-2018-17-2-146-156.
35. Belash, T. A. Teplotekhnicheskie kachestva monolitnyh zhilyh zdaniy / T. A. Belash, A. V. Kuznecov // *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. – 2009. – № 9. – S. 22-24.
36. Snegiryov A.I., Al'himenko A.I. Vliyanie temperatury zamykaniya pri vozvedenii na napryazheniya v nesushchih konstrukciyah// *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2008. S.8-16.
37. Zakonomernosti svyazi napryazhenij i deformacij v betone / A. A. Varlamov, E. A. SHishlonov, E. N. Tkach [i dr.] // *Academy*. – 2016. – № 2(5). – S. 7-16.
38. Treshchinostojkost' zhelezobetonnoj stenki v usloviyah stesnennoj osnovaniem temperaturnoj deformacii / YU. G. Barabanshchikov, K. V. Semenov, S. S. Zimin [i dr.] // *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij*. – 2018. – № 8(71). – S. 51-62. – DOI 10.18720/CUBS.71.5.



39. Barabanshchikov, Iu. G. The Influence of Concrete Composition on the Ratio of Strength to Elastic Modulus as a Criterion of Crack Resistance / Iu. G. Barabanshchikov, T. H. Pham // *Construction of Unique Buildings and Structures*. – 2021. – No 4(97). – P. 9704. – DOI 10.4123/CUBS.97.4.
40. Rekomendacii po raschyotu konstrukcij krupnopanel'nyh zdaniy na temperaturno-vlazhnostnye vozdejstviya/ CNIISK im. V.A. Kucherenko.–M.: Strojizdat, 1983. –136 s.
41. Aleksandrovskij S. V. Raschet betonnyh i zhelezobetonnyh konstrukcij na izmeneniya temperatury i vlazhnosti s uchetom polzuchesti / S.V. Aleksandrovskij, d.t.n., prof. ; Nauch.-issled., proekt.-konstrukt. i tekhnol. in-t betona i zhelezobetona (NIIZHB). - 3-e izd., pererab. i dop. - M.: NIIZHB, 2004. - 712 s.
42. YArmakovskij V. N. Fiziko-himicheskie osnovy stojkosti betonov k vozdejstviyu nizkih otricatel'nyh temperatur / V. N. YArmakovskij, D. Z. Kadiev // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. – 2020. – № 4(90). – S. 122-136. – DOI 10.33979/2073-7416-2020-90-4-122-136.