

УДК 692.23:624.014

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2022.41.8>**Хохрякова Д.О.**

к.т.н., доцент кафедри будівельних технологій,
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

Шамріна Г.В.

к.т.н., доцент кафедри будівельних конструкцій, будівель і споруд,
Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Краматорськ,
Донецька область

ТИПИ СТІНОВИХ СИСТЕМ KNAUF AQUAPANEL® З УРАХУВАННЯМ МІНІМАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Анотація. Нові полегшені системи зовнішніх стін Knauf AQUAPANEL® гнучкі та адаптивні і містять вражаючий діапазон проектних рішень. Однак ці конструктивні рішення зовнішніх стін розроблені для усереднених кліматичних умов країн Євросоюзу і тому мають бути перевірені при проектуванні будівель на відповідність оновленим нормативним вимогам України щодо забезпечення теплової надійності конструкції. Автори мали на меті визначення області раціонального застосування стінових систем Knauf AQUAPANEL®, які є досить складними термічно неоднорідними конструкціями, в якості зовнішніх огорожень будівель в кліматичних умовах України. Досліджено стінові системи з дворядним розташуванням (WM411C.1, WM411C.2, WM411C.3, WM412C.1) і з однорядним розташуванням (WM111C.1, WM111C.2) стоякових профілів у будівлях з відповідними об'ємно-планувальними рішеннями. Розглянуто п'ять варіантів планувальних схем житлових і громадських будівель, у т.ч. прибудови і розширення поверхів. Дослідження ґрунтувалися на європейському досвіді застосування систем зовнішніх стін Knauf AQUAPANEL® і наявних їх теплотехнічних характеристик: коефіцієнта теплопередачі U_w , Вт/м²·К тільки для глухих ділянок стін з кроком стоякових профілів 600 мм і лінійного коефіцієнта теплопередачі $\Psi_{\text{-value}}$, Вт/(м·К) тільки для примикання перекриття до зовнішньої стіни виконаної навесним методом або з частковим її опиранням на залізобетонну плиту. Результати розрахунків встановили, що вплив теплового моста в місці примикання залізобетонної плити перекриття є суттєвим. Враховуючи, що з 2022 року нормами підвищено вимоги до мінімально допустимих значень приведенного опору теплопередачі R_{stip} , м²·К/Вт, зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель, тільки системи з дворядним розташуванням стояків WM411C.3 і WM412C.1 (варіанти 3, 4) та система з однорядним розташуванням стояків WM111C.2 (варіант 2) можуть бути прийнятими в якості основи для подальших розрахунків приведенного опору теплопередачі, в яких потрібно уточнювати вплив інших теплових мостів, які можуть бути наявними в конкретній будівлі.

Ключові слова: системи зовнішніх стін, Knauf AQUAPANEL®, приведений опір теплопередачі, теплові мости.

Постановка проблеми. Нові полегшені системи зовнішніх стін Knauf AQUAPANEL® встановлюють новий стандарт міцності, універсальності та продуктивності. Такі стіни можуть нести широкий спектр обробки – від фарби, штукатурки та плитки до декоративного облицювання.

Knauf AQUAPANEL® пропонує надзвичайно гнучкі та адаптивні системи, які можуть вмістити вражаючий діапазон про-

ектних рішень [1], відкриваючи нові архітектурні можливості для створення комерційних чи висотних житлових будівель, спортивних арен чи закладів охорони здоров'я.

Основні конструктивні рішення збірних систем, що наводяться в Європейському технічному свідоцтві European Technical Approval, The Catalonia Institute of Construction Technology, розроблені для усереднених кліматичних умов країн

Євросоюзу і тому вони не можуть бути застосовані в кліматичних умовах України [2; 3].

Відсутність матеріалів для проектування, конструкцій вузлів збірних систем, виконаних відповідно до оновлених у 2022 році нормативних документів України з теплової ізоляції і енергоефективності будівель, може привести до помилок при проектуванні або при виконанні робіт безпосередньо на будівельному об'єкті, і відповідно, до істотного зниження теплової надійності конструкції.

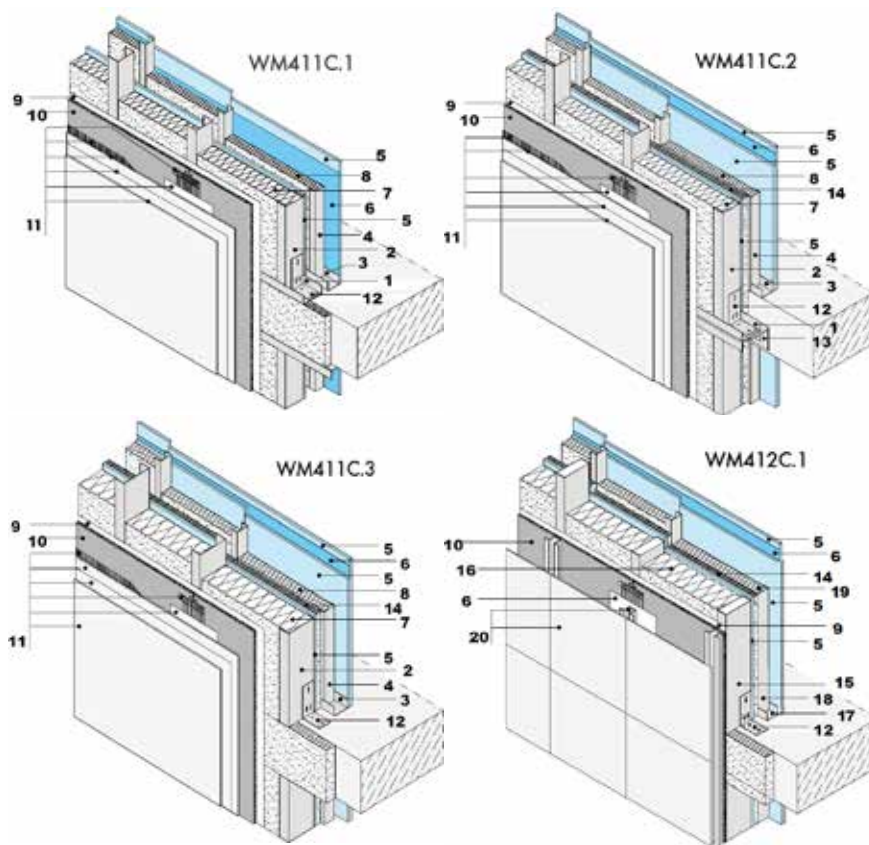
Аналіз останніх досліджень.

Незважаючи на очевидні переваги конструкції збірної системи, якщо її неправильно спроектувати і побудувати, теплові мости, що створюються інтенсивним використанням стали, можуть значно знижувати теплотехнічні характеристики оболонки будівлі та, як наслідок, загальну ефективність їх використання. З огляду на це, в останні роки, були

зроблені зусилля і методології для оцінки та поліпшення теплової поведінки таких структур, ослаблення впливу теплового моста у зовнішній оболонці [4–6].

Метою статті є визначення області раціонального застосування стінових систем Knauf AQUAPANEL®, які є досить складними термічно неоднорідними конструкціями, в якості зовнішніх огорожень будівель в кліматичних умовах України, визначення типів технічних рішень збірних систем, рекомендованих до застосування при проектуванні будівель, що відповідають мінімальним нормативним вимогам щодо забезпечення теплової надійності конструкції.

Результати досліджень. Системи стін Knauf AQUAPANEL® Outdoor [7] з дворядним розташуванням стоякових профілів складаються з внутрішньої і зовнішньої рам, всередині яких розміщується теплоізоляційний матеріал (рис. 1).



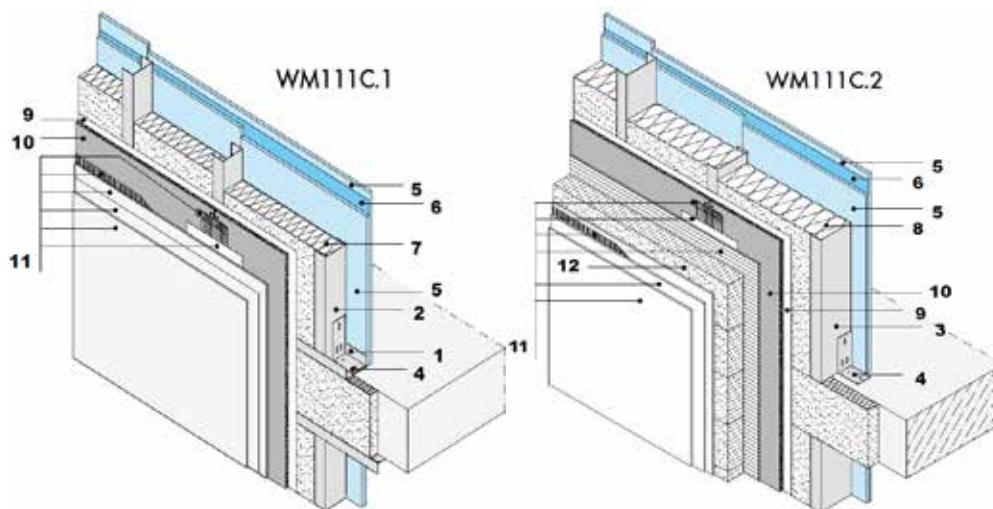
- 1 – зовнішній напрямний UW-профіль*; 2 – зовнішній стояковий CW- профіль*; 3 – внутрішній напрямний UW-профіль 50/40/06; 4 – внутрішній стояковий CW- профіль 50/50/06; 5 – гіпсокартонна плита, 12,5 мм; 6 – пароізоляційна плівка; 7 – мінераловатний утеплювач*; 8 – мінераловатний утеплювач, 50 мм; 9 – гідроізоляційна мембрана; 10 – цементно-мінеральна плита AQUAPANEL® Cement Board Outdoor; 11 – система оздоблення матеріал*; 12 – сталевий кутик; 13 – сталевий L- профіль з анкером; 14 – рулонний теплоізоляційний матеріал*; 15 – Knauf Exterior Wall Facade Profile, 150 мм; 16 – мінераловатний утеплювач, 150 мм; 17 – внутрішній напрямний UW-профіль 75/40/06; 18 – внутрішній стояковий CW-профіль 75/50/06; 19 – мінераловатний утеплювач, 75 мм; 20 – система вентильованого фасаду; * ширина за розрахунком

Рис. 1. Зовнішні стінові панелі з дворядним розташуванням стояків [7]

Внутрішня рама забезпечує непроникність повітря і вогнестійкість зсередини. Зовнішній каркас забезпечує захист від погодних умов та передає вітрове навантаження на несучу конструкцію. Його можна встановити між перекриттями з частковим обпиранням (WM411C.1) та перед перекриттями навісним методом, використовуючи металеві L-подібні профілі (WM411C.2). Простір між двома рамами доповнений гіпсокартонною плитою і може бути ізольований скловатою відповідно до вимог або виконуватися з повітряним прошарком. Зовнішня стіна може бути оздоблена

за системою AQUAPANEL® або з вентиляваним фасадом (WM412C.1). В останньому випадку зовнішня рама стіни складається зі стоякових профілів Knauf Exterior Wall Facade Profile завширшки 150 мм.

Там, де вимоги до тепло- та звукоізоляції невисокі або відсутні, ідеальним рішенням є система з однорядним розташуванням стояків Knauf (рис. 2). Додаткову ізоляцію можна додати, прикріпивши зовнішню композитну теплоізоляційну систему до лицьового боку цементної плити AQUAPANEL® Outdoor (WM111C.2).



1 – напрямний UW-профіль*; 2 – стояковий CW- профіль*; 3 – Knauf Exterior Wall Facade Profile, 150 мм; 4 – сталевий кутик; 5 – гіпсокартонна плита, 12,5 мм; 6 – пароізоляційна плівка; 7 – мінераловатний утеплювач*; 8 – мінераловатний утеплювач, 150 мм; 9 – гідроізоляційна мембрана; 10 – цементно-мінеральна плита AQUAPANEL® Cement Board Outdoor; 11 – система оздоблення AQUAPANEL®; 12 – базальтова вата

Рис. 2. Зовнішні стінові панелі з однорядним розташуванням стояків [7]

Застосування стінових систем Knauf AQUAPANEL®, які є складними термічно неоднорідними конструкціями, вимагає проведення аналізу їх теплотехнічних характеристик, зокрема величини приведенного опору теплопередачі зовнішньої стіни, $R_{\Sigma \text{пр}}$, з метою встановлення відповідності мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2021 [8].

В [7] для стінових систем Knauf AQUAPANEL® значення коефіцієнта теплопередачі U_w , Вт/м²·К, що є величиною зворотною до приведенного опору теплопередачі $R_{\Sigma \text{пр}}$, м²·К/Вт, визначено з урахуванням впливу тільки теплових мостів в місцях розташування стояків стін і визначено за умов відстані між стояками 600 мм.

Тобто наведені в [7] значення U_w , Вт/м²·К, можуть бути прийняті для розрахунків приве-

деного опору теплопередачі тільки для глухих ділянок стіни (R_{Σ} , м²·К/Вт, табл. 2). Наведене в [7] значення коефіцієнта теплопередачі, U_w , Вт/м²·К, не може бути прийнято для ділянок стін із вікнами, тому що не враховано термічний вплив віконних відкосів.

Для зовнішніх стін також суттєвий вплив на величину приведенного опору теплопередачі мають теплові мости в місцях примикання цоколя до перекриття над підвалом, примикання цоколя до підлоги по ґрунту, внутрішні кути, зовнішні кути, примикання перекриття до зовнішньої стіни з неповним її обпиранням на залізобетонну плиту, примикання парапету до перекриття технічного горища, примикання внутрішніх вертикальних конструкцій (колона) до зовнішньої стіни та ін.

Наявність тих або інших теплових містків визначається особливостями об'ємно-планувального та конструктивного рішення конкретної будівлі. Значення лінійного коефіцієнта теплопередачі Ψ_{value} , Вт/(м·К), що визначає тепловтрати через тепловий міст, в [7] наводиться тільки для примикання перекриття до зовнішньої стіни з неповним її обпиранням на залізобетонну плиту або за навісною схемою, що є недостатнім для визначення приведенного опору теплопередачі зовнішньої стіни при проведенні розрахунків енергоефективності будівлі. Тому остаточне прийняття рішення про застосування конкретного типу стінової системи Knauf AQUAPANEL® потрібно приймати після проведення розрахунків загальних тепловтрат через теплоізоляційну оболонку будівлі з урахуванням усіх наявних в будівлі теплових мостів.

В табл. 1 наведено деякі приклади об'ємно-планувальних рішень будівель різного призначення із застосуванням в якості зов-

нішньої стіни систем Knauf AQUAPANEL®, в табл. 2 наведено дані розрахунків приведенного опору теплопередачі $R_{\Sigma \text{пр}}$, м²·К/Вт, для двох розрахункових схем фасаду:

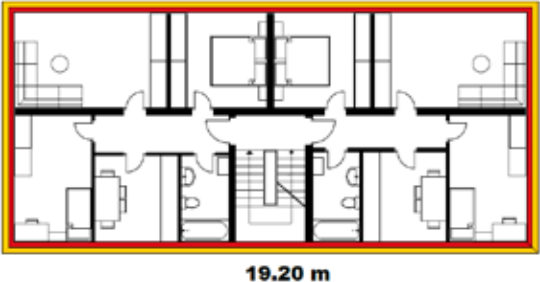
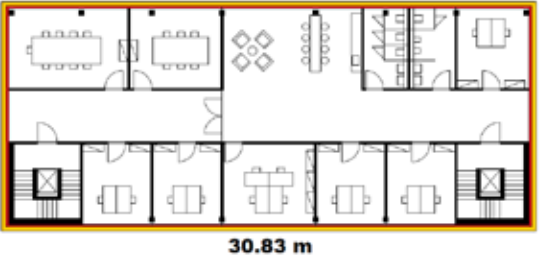
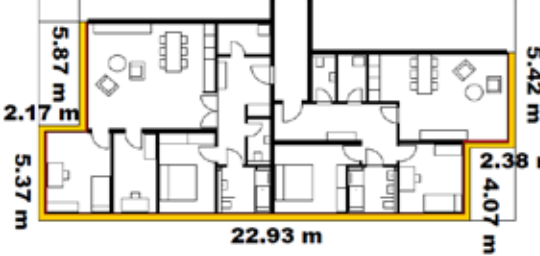
– схема фасаду 1 – для фрагменту глухої ділянки стіни розміром 3 м × 3 м із примиканням по середині її висоти залізобетонної плити перекриття;

– схема фасаду 2 – для площини фасаду будівлі (прийнято відповідно до варіанту із табл. 1.) заввишки 6 м із примиканням по середині висоти фасаду будівлі залізобетонної плити перекриття;

Дані розрахунків можуть бути прийняті тільки для первинної оцінки можливості застосування відповідної стінової системи для тих чи інших типів будівель.

З наведених в табл. 2 результатів розрахунків випливає, що вплив теплового моста в місці примикання залізобетонної плити перекриття є суттєвим.

Таблиця 1. Об'ємно-планувальні рішення будівель

Варіант планувальної схеми		Тип	Кількість поверхів	Висота поверху, м	Периметр, м
	1	2	3	4	5
1		Розширення поверху	1	3	56,56
2		Офісна будівля	3	3,5 м	88,18
3		Житловий будинок	9	3	48,21

Закінчення таллиці 1

	1	2	3	4	5
4		Прибудова лікарні	2	4	61,74
5		Магазин	1	5,5	135

Таблиця 2. Теплотехнічні показники систем зовнішніх стін

Варіант планувальної схеми (табл. 1)	Система	U_w , Вт/м ² ·К,	Ψ -value, Вт/(м·К)	R_{Σ} , м ² ·К/Вт (1/ U_w)	$R_{\Sigma пр}$, м ² ·К/Вт	
					схема фасаду 1	схема фасаду 2
Дворядне розташування стояків						
1	WM411C.1	0,302	0,449	3,31	2,32	2,73
2	WM411C.2	0,216	0,324	4,63	3,23	3,81
3	WM411C.3	0,185	0,172	5,41	4,35	4,82
4	WM412C.1	0,189	0,172	5,29	4,28	4,73
Однорядне розташування стояків						
5	WM111C.1	0,486	0,437	2,06	1,67	1,84
2	WM111C.2	0,211	0,028	4,74	4,85	4,79

Висновки

Враховуючи, що з 01.09.2022 р. за ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель підвищено вимоги до мінімально допустимих значень приведенного опору теплопередачі R_{qmin} , м²·К/Вт, зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель (I температурна зона – 4,0 м²·К/Вт; II температурна зона – 3,5 м²·К/Вт) тільки сис-

теми з дворядним розташуванням стояків WM411C.3 і WM412C.1 (варіанти 3, 4) та система з однорядним розташуванням стояків WM111C.2 (варіант 2) можуть бути прийнятими в якості основи для подальших розрахунків приведенного опору теплопередачі. В цих подальших розрахунках потрібно уточнювати вплив інших теплових мостів, які можуть бути наявними в конкретній будівлі.

Література

1. Альбом технических решений. KNAUF АКВАПАНЕЛЬ® Наружная стена. Наружные несущие каркасно-обшивные стены с каркасом из стальных тонкостенных холодногнутых оцинкованных профилей с применением материалов KNAUF. ООО «KNAUF ГИПС». 2018. 73 с.
2. Thermal bridging atlas of steel construction for improved energy efficiency of buildings (TABASCO). Grant Agreement RFSR-CT-2011-00028. Final report Directorate-General for Research and Innovation, European Commission. 2011. 141 p.
3. ETA 13/0312. Kits para los Sistemas de fachada AQUAPANEL® WM111.C; WM211.C; WM311.C; WM411.C; WM111.G; WM211.G; WM311.G; WM411.G. [Текст]. Kits para sistemas de paredes exteriores no portantes con paneles de origen mineral. Madrid, Spain : The Catalonia Institute of Construction Technology, 2013. 85 p.
4. Santos P. Energy Efficiency of Lightweight Steel-Framed Buildings. Energy Efficient Buildings. 2017. P. 35–60. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/7b7a/fde782ff31ad6b92832e5a7c880b7d3c31f8.pdf?_ga=2.1299761.105317277.1667547210-1149146681.1667547210.
5. Тимофеев М., Шамрина Г., Хохрякова Д. Теплотехнічні показники збірних систем зовнішніх стін з використанням цементних плит KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 38, Vol. 1. P. 19–26.
6. Тимофеев М., Шамрина Г., Хохрякова Д. Обгрунтування вибору збірних систем зовнішніх стін з використанням цементних плит KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR за умов забезпечення енергоефективності будівлі. *Гірничий вісник*. 2020. Вип. 107. С. 11–15.
7. Built on experience. Knauf Exterior Wall with AQUAPANEL® Technology / Knauf Aquapanel GmbH & Co. KG. Iserlohn : 2019. – 71 p.
8. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2022. 23 с.

References

1. Albom tekhnicheskikh resheniy. KNAUF AKVAPANEL® Naruzhnaya stena. Naruzhnyye nenesushchiye karkasno-obshivnyye steny s karkasom iz stalnykh tonkostennykh kholodnognutyykh otsinkovannykh profiley s primeneniyyem materialov KNAUF. ООО «KNAUF GIPS». 2018. 73 p.
2. Thermal bridging atlas of steel construction for improved energy efficiency of buildings (TABASCO). Grant Agreement RFSR-CT-2011-00028. Final report Directorate-General for Research and Innovation, European Commission. – 2011.-141 p.
3. ETA 13/0312. Kits para los Sistemas de fachada AQUAPANEL® WM111.C; WM211.C; WM311.C; WM411.C; WM111.G; WM211.G; WM311.G; WM411.G. [Tekst]. Kits para sistemas de paredes exteriores no portantes con paneles de origen mineral. Madrid, Spain : The Catalonia Institute of Construction Technology, 2013. 85 p.
4. Santos P. Energy Efficiency of Lightweight Steel-Framed Buildings. Energy Efficient Buildings. 2017. P. 35–60. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/7b7a/fde782ff31ad6b92832e5a7c880b7d3c31f8.pdf?_ga=2.1299761.105317277.1667547210-1149146681.1667547210.
5. Tymofeyev M., Shamrina H., Khokhryakova D. Teplotekhnichni pokaznyky zbirnykh system zovnishnikh stin z vykorystanniam tsementnykh plyt KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR. *Slovak international scientific journal*. 2020. № 38, Vol. 1. P. 19–26.
6. Tymofeyev, M., Shamrina, H., & Khokhryakova, D. Obgruntuvannya vyboru zbirnykh system zovnishnikh stin z vykorystanniam tsementnykh plyt KNAUF AQUAPANEL® OUTDOOR za umov zabezpechennya enerhoefektyvnosti budivli. *Hirnychyy visnyk*. 2020. Vyp. 107. P. 11–15.
7. Built on experience. Knauf Exterior Wall with AQUAPANEL® Technology/ Knauf Aquapanel GmbH & Co. KG. Iserlohn : 2019. 71 p.
8. DBN V.2.6-31:2021. Teplova izolyatsiya ta enerhoefektyvnist budivel. [Thermal insulation and energy efficiency of buildings]. [from 2022-09-01]. Kyiv : DP «Ukrarkhbudinform», 2022. 23 p.

TYPES OF KNAUF AQUAPANEL® WALL SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE MINIMUM REQUIREMENTS FOR REDUCED HEAT TRANSFER RESISTANCE

Abstract. *The new lightweight Knauf AQUAPANEL® exterior wall systems are flexible and adaptable and include an impressive range of design solutions. However, these design solutions of external walls are developed for the average climatic conditions of the European Union countries and therefore must be checked during the design of buildings for compliance with the updated regulatory requirements of Ukraine to ensure the thermal reliability of the structure. The authors aimed to determine the area of rational application of Knauf AQUAPANEL® wall systems, which are rather complex thermally heterogeneous structures, as external walls of buildings in the climatic conditions of Ukraine. Double stud wall systems (WM411C.1, WM411C.2, WM411C.3, WM412C.1) and single stud wall systems (WM111C.1, WM111C.2) in buildings with appropriate volume – planning solutions were studied. Five variants of planning schemes for residential and public buildings were considered, including extensions and expansion of floors. The studies were based on the European experience of using Knauf AQUAPANEL® external wall systems and their existing*

thermal characteristics: the heat transition coefficient UW , $W/m^2 \cdot K$ only for blind sections of walls with a stud spacing profiles of 600 mm and the linear thermal transmittance Ψ_{-value} , $W/(m \cdot K)$ only for abutting the floors to the outer wall made by the hanging method or with its partial resting on a reinforced concrete slab. The results of the calculations established that the influence of the thermal bridge at the point of adjoining of the reinforced concrete floor slab is significant. Considering that starting from 2022, the regulations have increased the requirements for the minimum permissible values of the reduced heat transfer resistance R_{qmin} , $m^2 \cdot K/W$, of external wall enclosing structures of residential and public buildings, only double stud wall systems WM411C.3 and WM412C.1 (options 3, 4) and the single stud wall system WM111C.2 (option 2) can be taken as the basis for further calculations of the reduced heat transfer resistance, in which it is necessary to clarify the influence of other thermal bridges that may be present in a specific building.

Key words: external wall systems, Knauf AQUAPANEL®, reduced heat transfer resistance, thermal bridges.

Khokhriakova D.O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
at the Department of Construction Technologies,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Shamrina H.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
at the Department of Building Structures and Constructions,
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Donetsk region