



МІЦНІСТЬ, ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ СТИКІВ ГІПСОКАРТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ЗГІНІ

О. О. Бармотін¹, О. Б. Косік²

Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.

E-mail: ¹ barmotin1970@gmail.com, ² kab.box@ukr.net

Отримана 10 листопада 2015; прийнята 25 грудня 2015.

Анотація. На відміну від ГОСТ 6266-97 європейською нормативною базою, крім вимог і методів випробувань гіпсокартонних плит, також регламентуються характеристики та методи випробування стиків, у ній визначено вимоги до шпатлювальних і армувальних матеріалів для закладення стиків стандартних і посиленних гіпсових плит, що дозволяє з єдиних позицій проводити аналіз деформування дослідних зразків. Для вивчення закономірностей роботи стиків було проведено ряд експериментальних досліджень з визначення межі міцності, тріщиностійкості та деформативності найбільш поширених одношарових і двошарових гіпсокартонних елементів на гвинтовому і клейовому з'єднаннях, для цього була сконструйована універсальна установка, що дозволяє випробувати на три- і чотириточковий вигин. Експериментальні дослідження показали, що в межах пружної роботи гіпсокартонні елементи працюють як однорідний суцільний матеріал і в розрахунках можуть представлятися як ортотропний матеріал з наведеними (еквівалентними) пружними характеристиками, при цьому зв'язок $\sigma - \varepsilon$ підпорядковується закону Гука. У зразках з однофакторним підсилюванням перерізу (додаткове армування склополотном або клейове і гвинтове з'єднання шарів) межа міцності для кожного випадку збільшується незначно. Наявність одночасно тільки двох факторів посилення призводить до значного збільшення тріщиностійкості, яка досягає межі міцності при вигині, при цьому руйнування зразка відбувається як по стику, так і по цільному перерізу.

Ключові слова: гіпсокартонні плити, міцність, деформативність, ортотропний матеріал, тріщиностійкість.

ПРОЧНОСТЬ, ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ СТЫКОВ ГИПСОКАРТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ИЗГИБЕ

А. А. Бармотин¹, А. Б. Косик²

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
2, ул. Державина, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.

E-mail: ¹ barmotin1970@gmail.com, ² kab.box@ukr.net

Получена 10 ноября 2015; принята 25 декабря 2015.

Аннотация. В отличие от ГОСТ 6266-97 европейской нормативной базой, кроме требований и методов испытаний гипсокартонных плит, также регламентируются характеристики и методы испытания стыков, в ней определены требования к шпательному и армирующим материалам для заделки стыков стандартных и усиленных гипсовых плит, что позволяет с единых позиций проводить анализ деформирования опытных образцов. Для изучения закономерностей работы стыков был проведен ряд экспериментальных исследований по определению предела прочности, трещиностойкости и деформативности наиболее распространенных однослойных и двухслойных гипсокартонных элементов на винтовом и клеевом соединениях, для чего была сконструирована универсальная установка, позволяющая испытывать на трех- и четырехточечный изгиб. Экспериментальные исследования показали, что в пределах упругой

работы гипсокартонные элементы работают как однородный сплошной материал и в расчетах может представляться как ортотропный материал с приведенными (эквивалентными) упругими характеристиками, при этом связь $\sigma - \varepsilon$ подчиняется закону Гука. В образцах с однофакторным усилением сечения (дополнительное армирование стеклохолстом или клеевое и винтовое соединение слоев) предел прочности для каждого случая увеличивается незначительно. Наличие одновременно только двух факторов усиления приводит к значительному увеличению трещиностойкости, которая достигает предела прочности при изгибе, при этом разрушение образца происходит как по стыку, так и по цельному сечению.

Ключевые слова: гипсокартонные плиты, прочность, деформативность, ортотропный материал, трещиностойкость.

STRENGTH, FRACTURE TOUGHNESS AND DEFORMABILITY OF JOINTS OF DRYWALL ELEMENTS UNDER BENDING

Aleksandr Barmotin¹, Aleksei Kosik²

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiyivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

E-mail: ¹ barmotin1970@gmail.com, ² kab.box@ukr.net

Received 10 November 2015; accepted 25 December 2015.

Abstract. Contrary to GOST 6266-97, European regulatory framework, apart of the requirements and testing methods of drywall boards, regulates the characteristics and methods of testing of joints in which the requirements to puttying and reinforcing materials for sealing joints in standard and reinforced drywall boards are determined. It allows to conduct the analysis of prototype deformation. To study the work of joint, a series of experimental researches has been conducted. The main purpose of these researches is to determine the ultimate strength, fracture toughness and deformability of the most common single-layer and dual-layer drywall elements on the screw and glue joints. For this the universal installation has been designed, allowing to test the three- and four-point bending. Experimental studies have shown that within the elastic behavior the drywall elements work as a homogeneous solid material and in calculations can be presented as an orthotropic material with given (equivalent to) elastic properties, while bond $\sigma - \varepsilon$ mending the Hooke's law. In samples with a one-way amplification of section (additional reinforcement by glass fleece or adhesive and screw connection of layers) the tensile strength in each case is lightly increasing. The simultaneous presence of two extension factors results in a significant increase of fracture toughness, which reaches the tensile strength in bending with destruction of the sample on joint and in cross section.

Keywords: drywall boards, strength, deformability, orthotropic materials, crack resistance.

Актуальность

При проектировании и строительстве современных гражданских зданий комплектные системы сухого строительства позволяют решать многочисленные инженерно-технические и архитектурные задачи, направленные на создание комфортных и безопасных условий пребывания людей [1–3]. Несмотря на универсальность и, на первый взгляд, простоту и доступность, гипсокартонные системы требуют тщательного изучения технической документации [4–9] и выдерживания регламента выполнения работ для обеспечения эксплуатационной надежности, что, определенно, характеризуется сохранением эсте-

тического вида и целостностью гипсокартонной облицовки без образования трещин (рис. 1) в реальных условиях гарантированного срока эксплуатации.

Прочность гипсокартонной (ГК) облицовки определяется показателями прочности гипсокартонной плиты (ГКП) и швов между плитами [10]. Практика эксплуатации подобного рода ГК облицовок выявила наиболее проблемные и ответственные участки вероятного образования и развития трещин, которыми являются стыки ГКП. Технология устройства стыков ГКП детально разработана и описана в технических листах. Имеется целый ряд стандартных решений для



Рисунок 1. Характерные дефекты в гипсокартонных конструкциях.

различных типов кромок и сочетаний комплектов шовного шпаклевочного и армирующего материалов.

Несмотря на это, в отечественной и зарубежной литературе по данному вопросу отсутствуют сведения о результатах экспериментальных исследований прочности, трещиностойкости и деформативности стыков ГКП. Отсутствие подтвержденных опытных данных о поведении под нагрузкой стыков ГКП для различных типов облицовок не позволяет с гарантированной точностью устанавливать запас надежности при проектировании и оценке реального напряженно-деформированного состояния (НДС) как унифицированных плоских конструкций, так и многообразных объемных элементов, имеющих сложную и нестандартную геометрию. Наиболее вероятные причины образования трещин в гипсокартонных конструкциях обусловлены рядом факторов:

- отсутствие достаточного количества деформационных швов, компенсирующих температурные перепады и деформации зданий от различных силовых воздействий;
- наличие неучтенных динамических нагрузок на несущие конструкции;
- значительная концентрация локальных напряжений от смонтированного оборудования, различных предметов интерьера и наличия фигурных вырезов;
- нарушение технологии монтажа (отклонение от конструктивной схемы, прочностных и жесткостных свойств используемых материалов, нарушение требований по расстановке крепежных элементов, ошибки при стыковке и подготовке кромок и т. д.).

Цель работы – исследовать предел прочности, трещиностойкости и деформативности наибо-

лее распространенных одно- и двухслойных гипсокартонных элементов при стандартном и дополнительном армировании стыков и межэлементном соединении.

Методы испытаний по определению физико-механических характеристик ГКП регламентируются Европейскими стандартами [17–19] и Межгосударственным стандартом [20]. Под [20] были адаптированы национальные стандарты большинства стран СНГ и Таможенного союза ЕАЭС и разработаны технические условия основных производителей ГКП Knauf, Lafarge, Regips.

Система создания нормативной базы Европейского Союза также включает в себя несколько уровней. За союзный уровень отвечают Центральные органы Европейского Союза в области технического регулирования и стандартизации. Деятельность уполномоченных органов направлена на адаптацию Евростандартов на национальном уровне, гармонизацию ряда национальных стандартов с техническими регламентами и директивами Европейского Союза. Основным межгосударственным стандартом в Евросоюзе для гипсовых плит является EN 520 (рис. 2), который принят Европейским комитетом по стандартизации (CEN).

Анализ показывает, что основополагающие требования европейских и отечественных стандартов близки (табл. 1). Различия заключаются в номенклатуре физико-механических характеристик ГКП и по отдельным требованиям к ГК конструкциям в целом (акустические характеристики, стойкость к ударам, термическое сопротивление, звукоизоляция и звукопоглощение и т. п.), которые определяются по специализированным стандартам.

В отличие от межгосударственного стандарта [20], кроме требований и методов испытаний

ГКП, европейской нормативной базой регламентируются характеристики и методы испытания стыков ГК [18], в ней определены требования к шпатлевочным материалам и армирующим лентам для заделки стыков стандартных и усиленных волокнами гипсовых плит. Это позволяет с единых позиций проводить анализ опытных данных на унифицированных образцах.

Для изучения закономерностей работы стыков был проведен ряд экспериментальных исследований по определению предела прочности, трещиностойкости и деформативности как однослойных, так и двухслойных ГК элементов на винтовом и клеевом соединениях.

Одно- и двухслойные образцы изготавливались с размерами 300×400 мм в количестве 40 шт. из гипсокартонных влагостойких плит (ГКПВ) толщиной 12,5 мм производства ООО Кнауф Гипс Донбасс. Для заделки стыков между гипсокартонными образцами использовались шпатлевки «Фугенфюллер» производства ООО Кнауф Гипс Донбасс.

Формирование стыков проводилось на отрезной кромке, которая подготавливалась в соответствии с требованиями технической документации Кнауф; для шпатлевки «Фугенфюллер» снималась фаска под углом 45° на глубину 1/3 тол-

щины плиты (рис. 3). Для армирования швов гипсокартонных образцов применялась сетчатая армирующая лента (серпянка) производства «Knauf Gips-KG» (Германия). Перед нанесением шовного шпатлевочного материала стык проклеивался с обратной стороны клейкой лентой. В первый слой шпатлевки утапливалась армирующая лента. После высыхания первого слоя шпатлевки шпателем (200–300 мм) наносился второй шпатлевочный выравнивающий слой шпатлевки.

Изготовленные образцы высушивались при температуре $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5) \%$ в течение семи дней в лабораторных условиях.

После сушки снималась клейкая лента. При изготовлении двухслойных образцов сначала производилось соединение слоев гипсокартона между собой (табл. 2), а затем выполнялись аналогичные операции по устройству стыка в однослойных образцах. Для дополнительного армирования поверхность образцов усиливалась стеклохолстом на поливинилацетатном универсальном клее ПВА-МБ.

Для выполнения экспериментальных исследований была запроектирована и изготовлена специальная установка (рис. 4), позволяющая

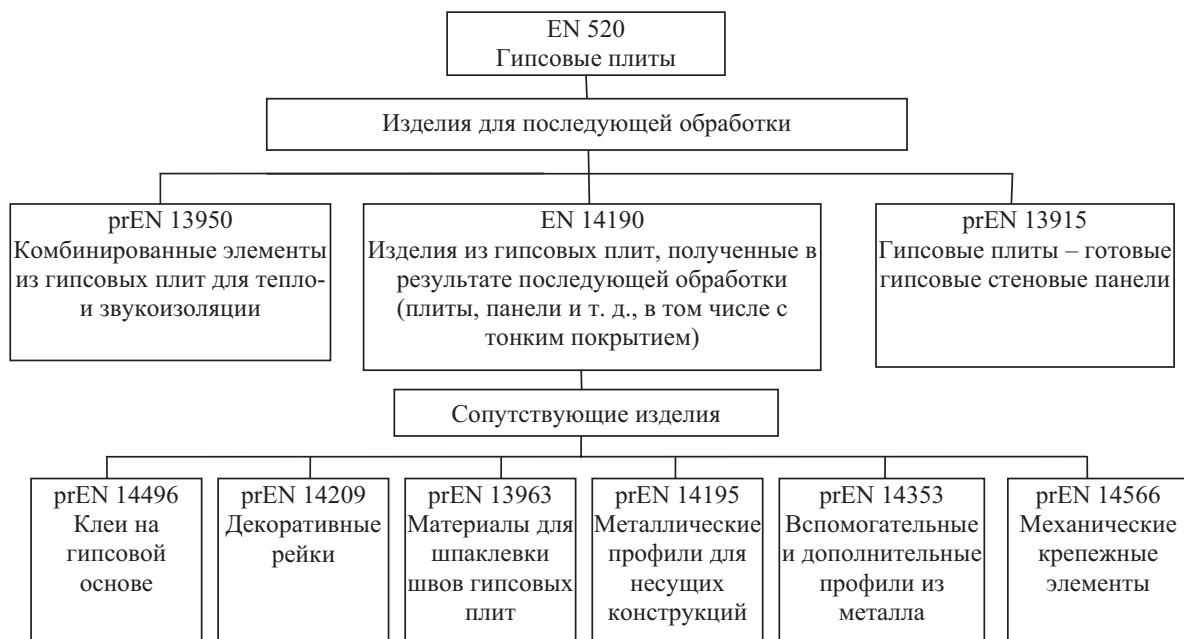
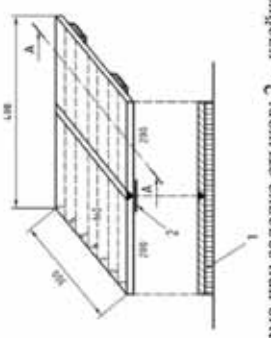
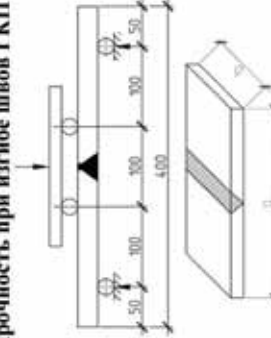
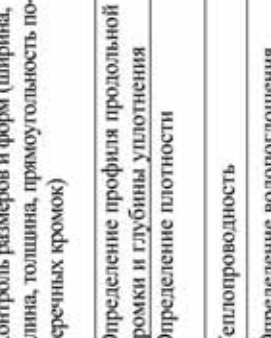
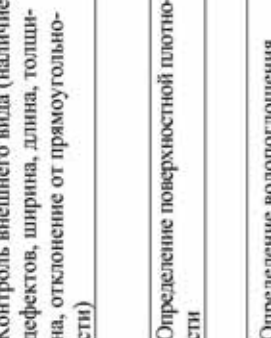

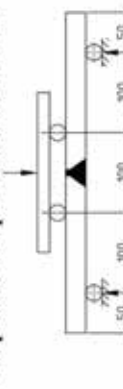


Рисунок 2. Номенклатура нормативов Европейского Союза по гипсовым плитам и сопутствующим изделиям.

Таблица 1. Сравнение отечественных и европейских стандартов по ГКП

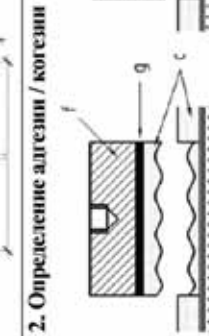
Международный стандарт [20]		Европейский стандарт [17]		Европейский стандарт [18]	
Контроль внешнего вида (наличие дефектов, ширина, длина, толщина, отклонение от прямоугольности)	≈	Контроль размеров и форм (ширина, длина, толщина, прямоугольность поперечных кромок)	≈	 <p>1 – форма при заделке стыков; 2 – клейкая лента</p>	
Определение поверхностной плотности	–	Определение профиля продольной кромки и глубины уплотнения	≈		
Определение водопоглощения	–	Определение плотности	≈		
Определение прочности сцепления гипсового сердечника с картоном	–	Теплопроводность	–		
Определение прочности листов воздействию открытого пламени	≈	Определение твердости поверхности того слоя ГКП	–		
Пределная активность радионуклидов	–	Определение прочности структурной связи сердцевины при воздействии высокой температуры	≈		
	–	Выделение вредных веществ	≈		
	–	Паро- и воздухопроницаемость	–		
	–	Определение прочности на сдвиг (прочность соединения лист/опорная конструкция)	–		
Определение разрушающей нагрузки и прогиба при изгибе	≈	Определение предела прочности и прогиба при изгибе	≈		

1. Прочность при изгибе швов ГКП



1 – форма при заделке стыков; 2 – клейкая лента

2. Определение адгезии / когезии



b – гипсовая плита; c – шовный шпатлевочный материал; f – металлический диск; g – клей.

Типы разрушений:

A – в шовном шпатлевочном материале; B – в точке пересечения между шовным шпатлевочным материалом и гипсовой плитой; C – во внутреннем слое гипсовой плиты; D – в точке пересечения между шовным шпатлевочным материалом и тяговым прибором; E – в бумаге ГКП (не показано).

Таблица 2. Характеристика одно- и двухслойных образцов с поперечным стыком



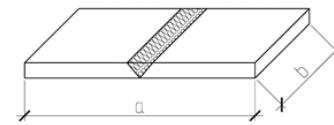
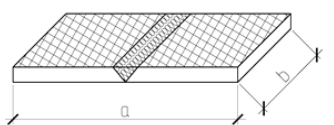
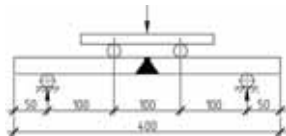
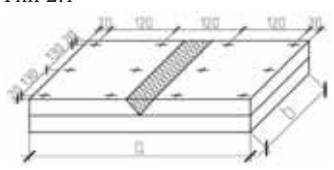
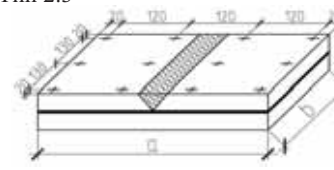
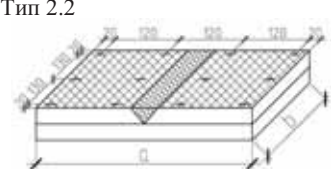
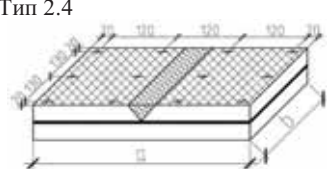
Схема образца и тип соединения		Описание
Тип А (продольный эталонный) 	Тип Б (поперечный эталонный) 	Размеры: $a = (400 \pm 5)$ мм; $b = (300 \pm 5)$ мм Общие данные: – по три образца для каждой серии испытаний; – лицевой картон в растянутой зоне;
Тип 1.1 	Тип 1.2 	
Шовный материал: «Фугенфюллер» с серпянкой (тип 1.1, 1.2); малярный стеклохолст на универсальном клее ПВА МБ (тип 1.2)		 – 2 слоя ГКПВ 12,5; – винты TN 25
Винтовое Тип 2.1 	Винтовое и клеевое Тип 2.3 	
Шовный материал: «Фугенфюллер» с серпянкой (тип 2.1, 2.3)		Фиксируемые данные: – фотофиксация испытания; – модуль упругости при изгибе; – график нагрузка – прогиб на каждом этапе нагружения; – нагрузка трещинообразования; – разрушающая нагрузка; – характер разрушения
Тип 2.2 	Тип 2.4 	
Шовный материал: «Фугенфюллер» с серпянкой (тип 2.2, 2.4); малярный стеклохолст на универсальном клее ПВА МБ (тип 2.2, 2.3)		



Рисунок 3. Последовательность операций по подготовке образцов.

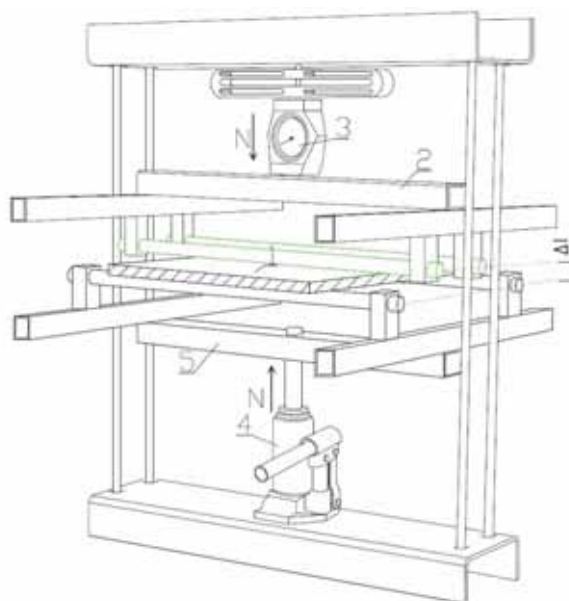


Рисунок 4. Общий вид и схема установки для испытания стыков ГК элементов на изгиб: 1 – опытный образец; 2, 5 – верхняя и нижняя траверсы; 3 – динамометр; 4 – гидродомкрат.

испытывать на трех- и четырехточечный изгиб различные типы ГК элементов (одно- и двуслойные).

Усилие, прикладываемое к образцу, передается через траверсу от гидродомкрата и фиксируется динамометром. В соответствии с изменением прикладываемой нагрузки также осуществляется фиксация прогиба испытываемого образца (перемещение траверс относительно друг друга) с использованием прогибомера с индикатором часового типа и ценой деления 0,01 мм. Опытные образцы подвергались непрерывно возрастающей нагрузке со скоростью (250 ± 125) Н/мин. Погрешность в точности измерений составляла до 1 %.

В ходе испытания всех образцов осуществлялась фиксация прикладываемой нагрузки, момента трещинообразования и прогиба вплоть до разрушения.

Характер поведения опытных образцов при нагружении показал, что для всех типов образцов наблюдаются характерные признаки деформирования (рис. 5):

- в пределах упругой работы ГКП работает как однородный сплошной материал и в расче-

тах может представляться как ортотропный материал с приведенными (эквивалентными) упругими характеристиками, при этом связь $\sigma - \varepsilon$ подчиняется закону Гука;

- на втором этапе наблюдается развитие микротрещин в гипсовом сердечнике, что подтверждается появлением переломов на графиках $N - f$, при этом в опытах начало микро-разрушений фиксировалось микрометром и возникновением сопровождающего характерного «потрескивания» образца вплоть до разрушения (рис. 6);
- образцы, армированные стеклохолстом, вплоть до разрушения деформировались без видимых трещин на лицевых гранях.

Для анализа напряженно-деформированного состояния опытных образцов, по аналогии с [17, 18, 20], удобно оперировать не разрушающей (трещинообразующей) нагрузкой, а приведенными напряжениями как для однородного сплошного ортотропного материала.

Самый низкий предел прочности отмечен для образцов типа 1.1, который по сравнению с цельными образцами (тип А, Б) составил до 73 и 20 % соответственно (табл. 3).

Как для однослойных, так и двухслойных образцов со стыком (тип 1.1) предел трещиностойкости составлял в среднем 33–42 % от предела

их прочности на изгиб. Для однослойных образцов начальный модуль упругости снижался незначительно до 9 % по сравнению с цельными об-

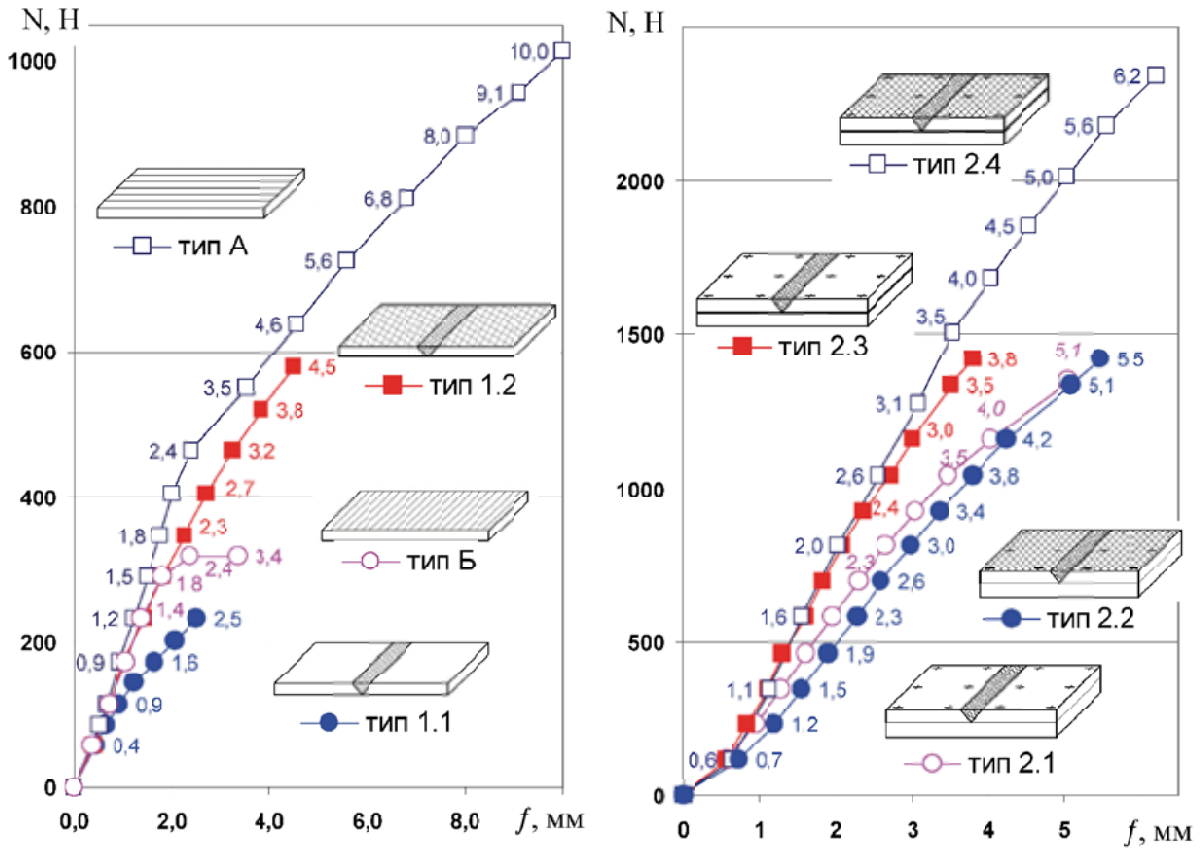


Рисунок 5. Характер деформирования при изгибе однослойных и двухслойных гипсокартонных образцов с различными вариантами армирования и типом соединения.

а)



б)

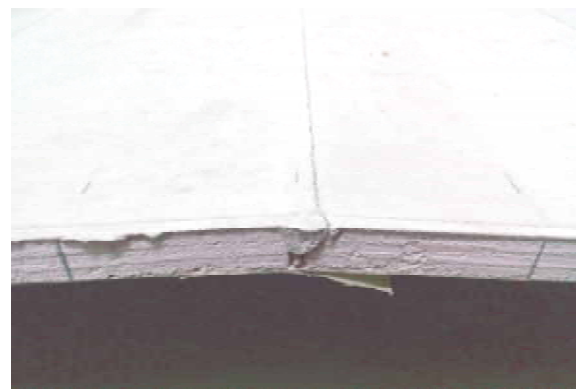


Рисунок 6. Характер разрушения однослойных образцов: а) при обычном армировании сетчатой лентой и б) усиленных малярным стеклохолстом.

разцами (тип А, Б). Усиление стеклохолстом (тип 1.2, 2.4) приводит к резкому возрастанию предела трещиностойкости при возрастании модуля упругости до 10 %.

При этом прочность и трещиностойкость образцов со стеклохолстом (тип 1.1) превышают поперечные цельные образцы (тип Б) в 1,8 раза.

В образцах с однофакторным усилением (тип 22, 23) предел прочности для каждого случая увеличился незначительно, в среднем до 6 %. В одном случае это объясняется тем, что усиление стыка стеклохолстом не компенсирует снижение общей жесткости составного сечения, вследствие податливости винтового соединения при сдвиговых усилиях. В другом, несмотря на «идеальное» сцепление слоев при винтовом и клеевом соединениях, «слабым» местом является стык со стандартным шовным и армирующим материалами.

Наличие одновременно только двух факторов усиления приводит к значительному увели-

чению трещиностойкости, которая достигает предела прочности при изгибе. В этом случае разрушение образца происходит как по стыку, так и по цельному сечению (рис. 7).

Выводы

1. Кроме требований и методов испытаний ГКП, европейской нормативной базой регламентируются также характеристики и методы испытания стыков ГКП, а также определены требования к шпатлевочным материалам и армирующим лентам для заделки стыков стандартных и усиленных волокнами гипсовых плит, что позволяет с единых позиций проводить анализ опытных данных на унифицированных образцах.
2. Экспериментальные исследования по определению предела прочности, трещиностойкости и деформативности наиболее распространенных однослойных и двухслойных

Таблица 3. Величины приведенных растягивающих напряжений при изгибе на стадии образования трещин и разрушения для одно- и двухслойных образцов

σ /тип	Тип А	Тип Б	Тип 1.1	Тип 1.2	Тип 2.1	Тип 2.2	Тип 2.3	Тип 2.4
$\sigma_{изг,ij}^{эkv,трещ}$ МПа	7,1	2,05	0,63	3,7 *	0,69	2,28 *	0,74	3,75 *
$\sigma_{изг,ij}^{эkv,мах}$ МПа	7,1	2,05	1,49	3,7	2,17	2,28	2,27	3,75

* Сопровождались характерным «потрескиванием» образца при трещинообразовании, но деформировались без видимых трещин на лицевых гранях.

а)



б)



Рисунок 7. Разрушение двухслойных образцов, проклеенных поливинилацетатным клеем и усиленных малярным стеклохолстом: а) по стыку и б) по картону.

гипсокартонных элементов при различных типах соединений показали:

- в пределах упругой работы ГКП работает как однородный сплошной материал и в расчетах может представляться как ортотропный материал с приведенными (эквивалентными) упругими характеристиками, при этом связь $\sigma - \varepsilon$ подчиняется закону Гука;
- образцы, армированные стеклохолстом, вплоть до разрушения деформировались без видимых трещин на лицевых гранях;

– в образцах с однофакторным усилением сечения (дополнительное армирование стыка или клеевое и винтовое соединение слоев) предел прочности для каждого случая увеличивается незначительно, в среднем до 6 %.

3. Наличие одновременно только двух факторов усиления приводит к значительному увеличению трещиностойкости, которая достигает предела прочности при изгибе, при этом разрушение образца происходит как по стыку, так и по цельному сечению.

Литература

1. Подвесные потолки общественных зданий [Текст] / Е. В. Горохов, В. Ф. Муцанов, В. И. Веретенников. – Макеевка : ДонГАСА, 2002. – 96 с.
2. Циприанович, И. В. Комплексные системы сухого строительства [Текст] / И. В. Циприанович, А. Ю. Старченко. – Киев : Мастера, 1999. – 192 с.
3. Гамм, Х. Современная отделка помещений с использованием комплектов систем Кнауф [Текст] : Учебное пособие по качественной отделке помещений / Х. Гамм. – Издание второе. – М. : Стройматериалы, 2002. – 89 с.
4. Brandschutz mit Knauf, Gipsbaustoffe Baukonstruktionen [Текст]. – Neu bberarbeitete Auflage. – [S. l. : s. n.], 1997. – 64 s.
5. Schallschutz mit Knauf [Текст] : DIN 4109 (Ausgabe 89), Schallschutzanforderungen, Ausführungsbeispiele, Rechenverfahren. Front Cover. – [S. l. : s. n.], 1992. – 62 s.
6. СП-101-2000. Ограждающие конструкции с применением гипсокартонных листов [Текст] / Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. – М. : Госстрой России, 2002. – 57 с.
7. Produkt und systemkatalog [Текст] : GEBR. KNAUF WEST-DEUTSHEGIPSWERKE. – Ihhofen : [s. n.], 1998. – 146 s.
8. Комплексные системы Кнауф [Текст]. Перегородки поэлементной сборки из гипсоволокнистых листов на металлическом и деревянном каркасах для жилых, общественных и производственных зданий. Серия 1.031.9-3.01. Выпуск 1 / ЗАО НП «Челябинский Промстройпроект». – Москва, 2001. – 75 с.
9. СП 55-102-2001. Конструкции с применением гипсоволокнистых листов [Текст] / Государственный комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. – М. : Госстрой России, 2003. – 48 с.
10. Бармотин, А. А. Экспериментально-теоретические исследования прочности и деформативности гипсокартонных конструкций [Текст] / А. А. Бармотин, А. Б. Косик // Современное промышлен-

References

1. Gorokhov, Ye. V.; Mushchanov, V. F.; Veretennikov, V. I., Starchenko, A. Yu., Gavrish, A. M., Gulin, D. V., Pahomov, I. A., Gorokhov, A. Ye. Suspended ceilings of public buildings. Makiyivka: DonNACEA, 2002. 96 p. (in Russian)
2. Tsiprianovich, I. V.; Starchenko, A. Yu. Complex systems of dry construction. Kiev: Masters, 1999. 192 p. (in Russian)
3. Gamm, X. Modern decoration of buildings with using of Knauf complex systems: Textbook for high-quality interior decoration. Second Edition. Moscow: Building Materials, 2002. 89 p. (in Russian)
4. Brandschutz mit Knauf, Gipsbaustoffe Baukonstruktionen. Neu bberarbeitete Auflage. [S. l. : s. n.], 1997. 64 s.
5. Schallschutz mit Knauf: DIN 4109 (Ausgabe 89), Schallschutzanforderungen, Ausführungsbeispiele, Rechenverfahren. Front Cover. [S. l. : s. n.], 1992. 62 s.
6. SP-101-2000. Enclosure structures using gypsum boards. Moscow: Gosstroj of Russia, 2002. 57 p. (in Russian)
7. Produkt und systemkatalog: GEBR. KNAUF WEST-DEUTSHEGIPSWERKE. Ihhofen: [s. n.], 1998. 146 s.
8. Knauf turnkey systems. Curtain walls of element-by-element assembling from gypsum-fiber sheets under metal and wood frames for residential, social and manufacturing buildings. Series 1.031.9-3.01. The first issue. Moscow, 2001. 75 p. (in Russian)
9. SP 55-102-2001. Structures with using drywall sheets. Moscow: Russian Federation State Committee for Construction and Housing Utilities, 2003. 48 p. (in Russian)
10. Barmotin, Aleksandr; Kosik, Aleksei. Experimental and Theoretical Research of Strength and Deformability of Drywall Constructions. In: *Modern Industrial and Civil Construction*, 2015, Volume 11, Number 3, pp. 141–152. (in Russian)
11. Shynkevych, Olena. Crack Resistance and Deformability of Complex Activated Calcareous and Siliceous Composites. In: *Modern Industrial and Civil Construc-*

- ное и гражданское строительство. 2015. Том 11, номер 3. С. 141–152.
11. Шинкевич, О. С. Трещиностойкость и деформативность комплексно активированных известково-кремнеземистых композитов [Текст] / О. С. Шинкевич // Современное промышленное и гражданское строительство. 2011. Том 7, номер 4. С. 205–213.
 12. Овчинский, А. С. Процессы разрушения композиционных материалов: Имитация микро- и макро-механизмов на ЭВМ [Текст] / А. С. Овчинский ; Отв. ред. В. С. Иванова. – Москва : Наука, 1988. – 276 с. – ISBN 5-02-005986-2.
 13. Carrera, E. Plates and Shells for Smart Structures: Classical and Advanced Theories for Modeling and Analysis [Текст] / E. Carrera, S. Brischetto, P. Nali. – First Edition. – Chichester : John Wiley & Sons, Ltd., 2011. – 309 p. – ISBN 978-0-470-97120-8.
 14. Maksimiyuk, V. A. Nonlinear Deformation of Thin Isotropic and Orthotropic Shells of Revolution with Reinforced Holes and Rigid Inclusions [Текст] / V. A. Maksimiyuk, E. A. Storozhuk, I. S. Chernyshenko // International Applied Mechanics. 2013. Volume 49, Issue 6. P. 685–692.
 15. Lindgaard, E. A unified approach to nonlinear buckling optimization of composite structures [Текст] / E. Lindgaard, E. Lund // Computers & Structures. 2011. Vol. 89, No. 3–4. P. 357–370.
 16. Tomas, A. Shape and size optimization of concrete shells [Текст] / A. Tomas, P. Marti // Engineering Structures. 2010. Vol. 32, No. 6. P. 1650–1658.
 17. DIN EN 520:2005-03. Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren [Текст]. – Deutsche Fassung EN 520:2004 ; Ausgabedatum 2005–03. – Berlin : Deutsches Institut für Normung, 2005. – 53 s.
 18. DIN EN 13963:2005-08. Materialien für das Verspachteln von Gipsplatten-Fugen – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren [Текст]. – Ersatz für: DIN 1168-1:1986-01, DIN 1168-2:1975-07 ; Ausgabedatum: 2005–08. – Berlin : Deutsches Institut für Normung, 2005. – 32 s.
 19. ISO 1924-3:2005. Paper and board – Determination of tensile properties – Part 3: Constant rate of elongation method (100 mm/min) [Текст]. – First edition 2005–07–01. – Geneva : ISO, 2005. – 10 p.
 20. ГОСТ 6266-97. Листы гипсокартонные. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 6266-89 ; введ. 1999–04–01. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. – 25 с. – ISBN 5-88111-161-3.
 21. Ovcinskii, A. S.; Edited by Ivanova, V. S. Process of deterioration of composite materials: Imitation of micro and macro devices into data-flow computer. Moscow: Science, 1988. 276 p. ISBN 5-02-005986-2. (in Russian)
 22. Carrera, E.; Brischetto, S.; Nali, P. Plates and Shells for Smart Structures: Classical and Advanced Theories for Modeling and Analysis. First Edition. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2011. 309 p. ISBN 978-0-470-97120-8.
 23. Maksimiyuk, V. A.; Storozhuk, E. A.; Chernyshenko, I. S. Nonlinear Deformation of Thin Isotropic and Orthotropic Shells of Revolution with Reinforced Holes and Rigid Inclusions. In: *International Applied Mechanics*, 2013, Volume 49, Issue 6, pp. 685–692.
 24. Lindgaard, E.; Lund, E. A unified approach to nonlinear buckling optimization of composite structures. In: *Computers & Structures*, 2011, Vol. 89, No. 3–4, pp. 357–370.
 25. Tomas, A.; Marti, P. Shape and size optimization of concrete shells. In: *Engineering Structures*, 2010, Vol. 32, No. 6, pp. 1650–1658.
 26. DIN EN 520:2005-03. Gipsplatten – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren. Deutsche Fassung EN 520:2004; Ausgabedatum 2005–03. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2005. 53 s.
 27. DIN EN 13963:2005-08. Materialien für das Verspachteln von Gipsplatten-Fugen – Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren. Ersatz für: DIN 1168-1:1986-01, DIN 1168-2:1975-07; Ausgabedatum: 2005–08. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2005. 32 s.
 28. ISO 1924-3:2005. Paper and board – Determination of tensile properties – Part 3: Constant rate of elongation method (100 mm/min). Geneva: ISO, 2005. 10 p.
 29. ГОСТ 6266-97. Гипсокартонные листы. Технические условия. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. 25 с. ISBN 5-88111-161-3.

Бармотін Олександр Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування та організація робіт при реконструкції цивільних будівель.

Косік Олексій Борисович – асистент кафедри технології та організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: проектування та організація робіт при реконструкції цивільних будівель.

Бармотин Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование и организация работ при реконструкции гражданских зданий.

Косик Алексей Борисович – ассистент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: проектирование и организация работ при реконструкции гражданских зданий.

Barmotin Aleksandr – PhD (Engineering), Associate Professor; Technology and Organizing in Civil Engineering Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: organization and technology work in the reconstruction of civil buildings.

Kosik Aleksei – Assistant; Technology and Organizing in Civil Engineering Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: organization and technology work in the reconstruction of civil buildings.