

УДК 692.2

А. А. БАРМОТИН^а, А. Б. КОСИК^б^а Государственное предприятия «Донецкий проектно-изыскательский институт железнодорожного транспорта "Донжелдорпроект"», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ГИПСОКАРТОННЫХ ПОТОЛКОВ КНАУФ ПРИ НАЛИЧИИ ХАРАКТЕРНЫХ НАРУШЕНИЙ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА

Аннотация. Приведены результаты статического расчета напряженно-деформированного состояния подвесных гипсокартонных потолков в зависимости от конструктивного решения металлического каркаса, различных жесткостных характеристик составляющих элементов и эксплуатационных прогибов железобетонного перекрытия. Численное моделирование НДС проводилось для подвесного двухуровневого гипсокартонного потолка, выполненного по системе D 112 Кнауф. Каркас выполнен из основных и несущих профилей CD 60/27, которые расположены в разных уровнях и взаимно перпендикулярны. Соединение профилей выполняется двухуровневым соединителем (соединительная муфта типа П). Шаг несущих профилей рекомендуется принимать 500 мм и 400 мм соответственно при поперечном и продольном расположении гипсокартонных плит (ГКП). Использование для подшивки ГКП толщиной 9,5 мм взамен регламентируемой плиты 12,5 мм недопустимо, так как требует повторного изменения шага несущих профилей, одновременно снижает прочность, трещиностойкость стыка и существенно увеличивает концентрацию напряжений в гипсокартонной облицовке, что приводит к нарушению нормальной эксплуатации подвесных гипсокартонных потолков и исчерпанию ресурса долговечности.

Ключевые слова: гипсокартонные листы, конструктивные решения подвесных потолков, напряженно-деформированное состояние.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

При устройстве подвесных потолков из ГКЛ монтажники зачастую слабо знакомы с рекомендуемыми конструктивными решениями, технической и методической документацией, разработанной для данных конструкций. Это приводит к непредсказуемым результатам при эксплуатации подвесных потолков и не позволяет определенно гарантировать высокие эксплуатационные качества монтируемых систем.

В ранее проведенных исследованиях [3, 4, 6–8] напряженно-деформированное состояние унифицированных плоских гипсокартонных потолков при наличии характерных нарушений технологии монтажа не исследовалось.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследовать работу подвесных гипсокартонных потолков при изменении жесткостных характеристик конструктивных элементов.

В общем случае конструктивное решение подвесных потолков предусматривает облицовку, крепежные элементы и каркас, который крепится к базовому перекрытию и обеспечивает необходимую жесткость и ограничение прогиба всей конструкции с учетом требуемых условий эксплуатации (рис. 1).

Численное моделирование НДС проводилось для подвесного двухуровневого гипсокартонного потолка, выполненного по системе D 112 Кнауф (рис. 2). Каркас выполнен из основных и несущих профилей CD 60/27, которые расположены в разных уровнях и взаимно перпендикулярны. Соединение профилей выполняется двухуровневым соединителем (соединительная муфта типа П). Шаг



Рисунок 1 – Комплектующие элементы: а) прямой подвес 60/125, б) двухуровневый соединитель CD 60/60, в) удлинитель CD профилей 60/110 (в).

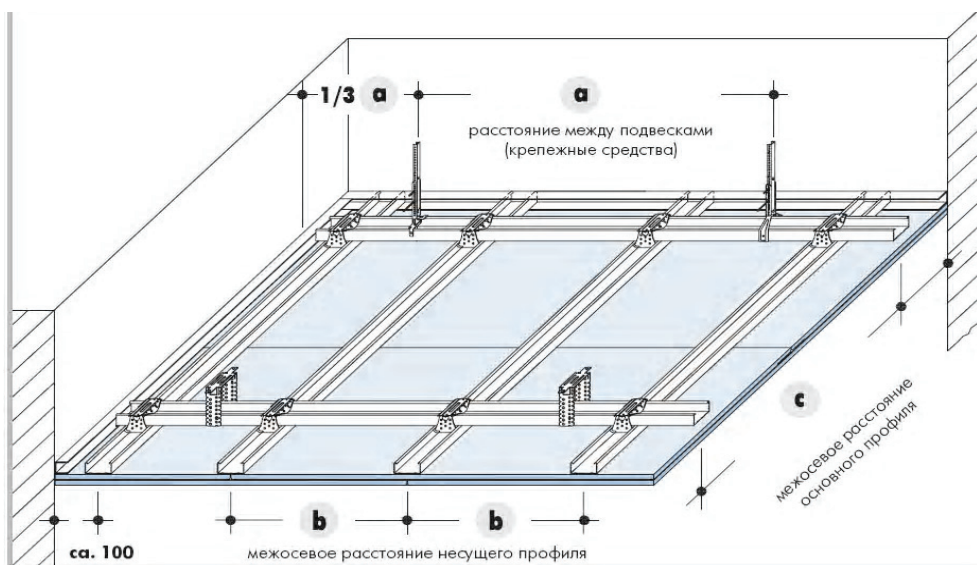


Рисунок 2 – Конструктивное решение подвесного потолка по системе D 112 Кнауф.

несущих профилей рекомендуется принимать 500 мм и 400 мм соответственно при поперечном и продольном расположении гипсокартонных плит (ГКП).

Профиль UD служит в качестве направляющей для CD профиля при монтаже каркаса подвесного потолка и крепится по периметру помещения.

В среднем, при однослойной обшивке из ГКП 12,5 мм (класс нагрузки по DIN 18168 до 0,15 кН/м²), шаг основных профилей составляет 900 мм, а расстояние между подвесами не должно превышать 1 000 мм. Эти параметры взаимосвязаны и могут корректироваться в определенном диапазоне. Максимальная длина консольного участка основного профиля принимается не более 1/3 шага подвесов, а несущего до 100 мм.

В сложившейся ситуации, даже при строительстве крупных и ответственных объектов, имеет место ухудшение качества монтируемых гипсокартонных подвесных потолков, связанное как с нарушением технологии, так и с желанием заказчика строительства и подрядчика минимизировать расходы за счет использования более дешевых материалов, имеющих значительные отклонения от жесткостных характеристик, регламентируемых в технической документации фирмой Кнауф.

Поэтому, кроме стандартного (эталонного) решения, просчитывались системы с использованием так называемого «потолочного гипсокартона» толщиной 9,5 мм вместо 12,5 мм и широко реализуемых профилей CD 60/27 и F 47/17 с толщиной стенок 0,4 мм в отличие от регламентируемой фирмой Кнауф 0,6 мм. Для получения более достоверных и полных данных моделировался прогиб железобетонного перекрытия от возможной временной нагрузки при эксплуатации и распространенное нарушение технологии монтажа гипсокартонной облицовки (таблица).

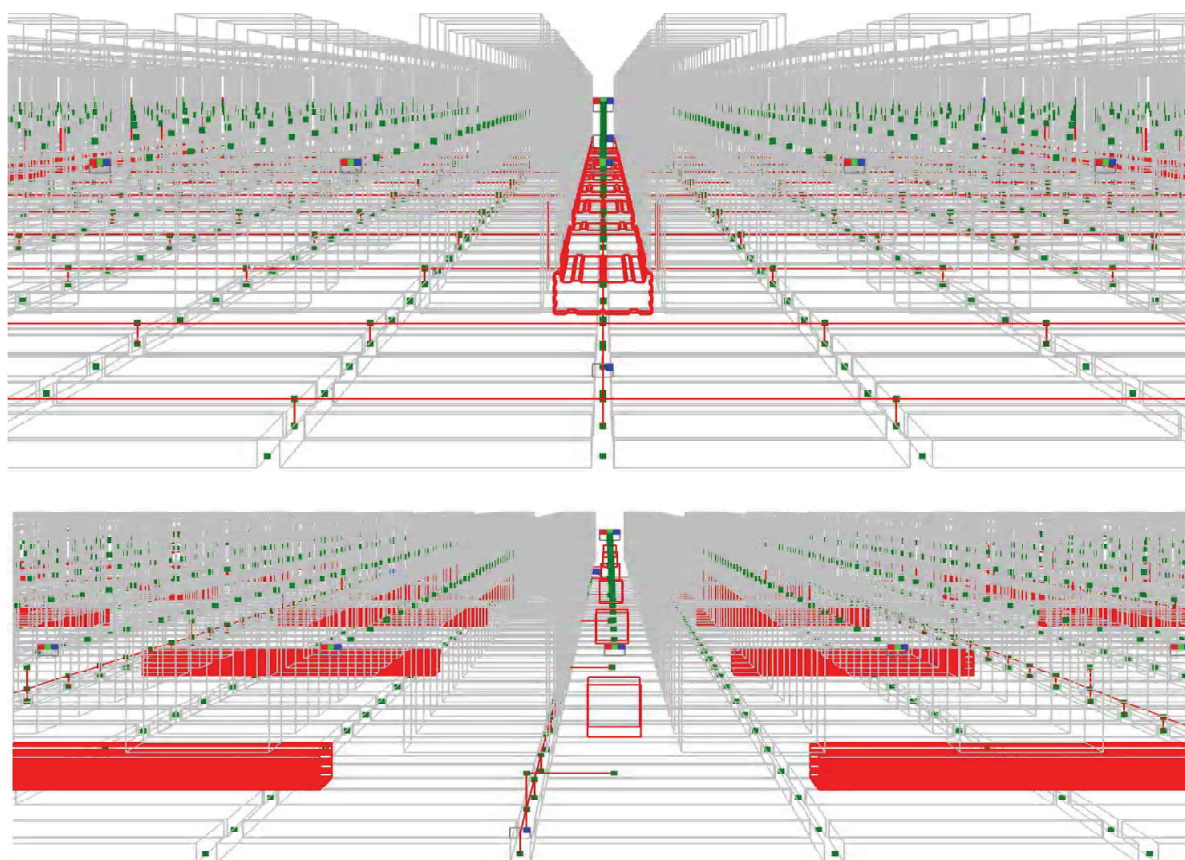
Моделирование расчетной схемы подвесного потолка из ГКП

Расчет несущих конструкций подвесного потолка выполнялся по первой и второй группе предельных состояний (на прочность и пригодность к нормальной эксплуатации). Расчет производился с

Таблица – Исследуемые факторы влияния на напряженно-деформированное состояние подвесных гипсокартонных потолков

Фактор влияния	Характеристика
Физико-технические характеристики гипсокартонной плиты	ГКП 12,5 мм, масса 8,0 кг/м ² ГКП 9,5 мм, масса 6,5 кг/м ²
Геометрические характеристики несущего и основного профилей	CD 60×27, толщина от 0,4–0,6 мм
Прогиб железобетонного перекрытия от временной нагрузки	Прогиб $f = 0$ мм, прогиб $f = 5$ мм от временной нагрузки $q = 2,5$ кН/м ²
Характерное нарушение технологии монтажа	Закрепление ГКП по периметру помещения к направляющему профилю UD

использованием программного комплекса «SCAD Office» при упругой работе материала, в основу которого положен метод конечных элементов (МКЭ). При моделировании работы гипсокартонных потолков (рис. 3) по системам № 1 и № 2 были приняты следующие предпосылки:

**Рисунок 3** – Графическая модель подвесного гипсокартонного потолка по системе D 112 Кнауф.

- подвесы имеют шарнирное соединение с профилем;
- сопряжения основных и второстепенных профилей принято шарнирным;
- гипсокартонная облицовка рассматривается как ортотропная цельная плита с равнопрочными поперечными и продольными стыками и шарнирным закреплением к несущему профилю;
- подвесной потолок работает совместно с базовой железобетонной панелью перекрытия, опирающейся по контуру на несущие стены;
- расчетная схема подвесного потолка состоит из универсальных пространственных стержневых и пластинчатых конечных элементов (КЭ) (рис. 4–5).

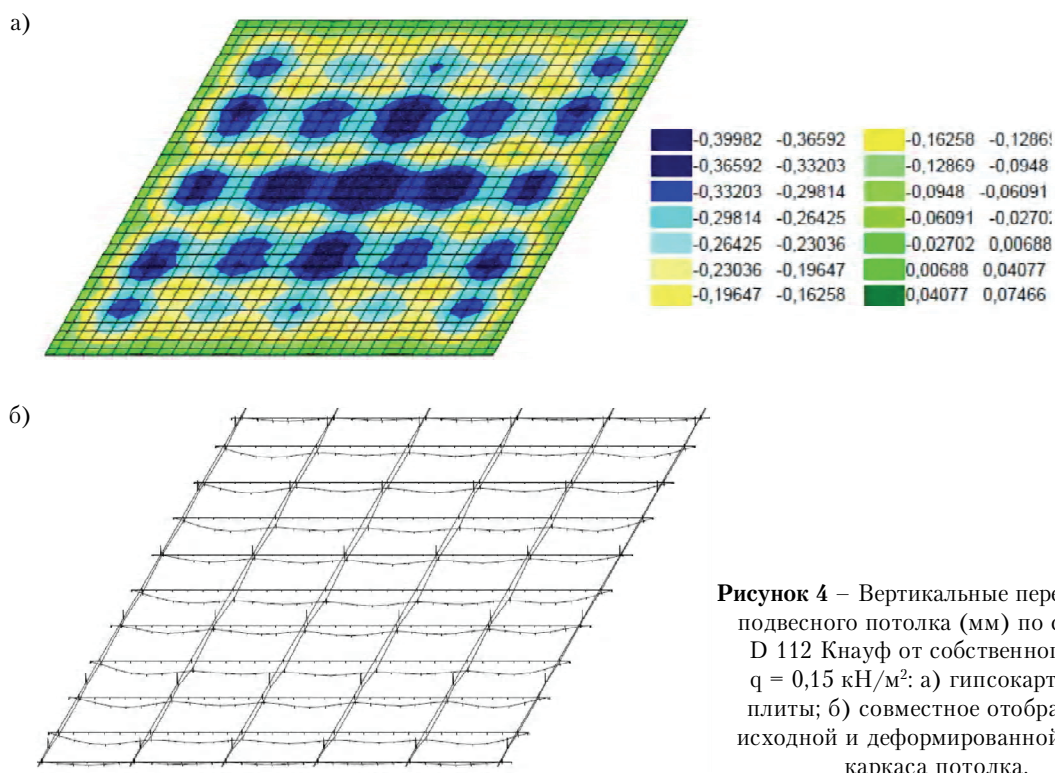


Рисунок 4 – Вертикальные перемещения подвесного потолка (мм) по системе D 112 Кнауф от собственного веса $q = 0,15 \text{ кН/м}^2$: а) гипсокартонной плиты; б) совместное отображение исходной и деформированной схемы каркаса потолка.

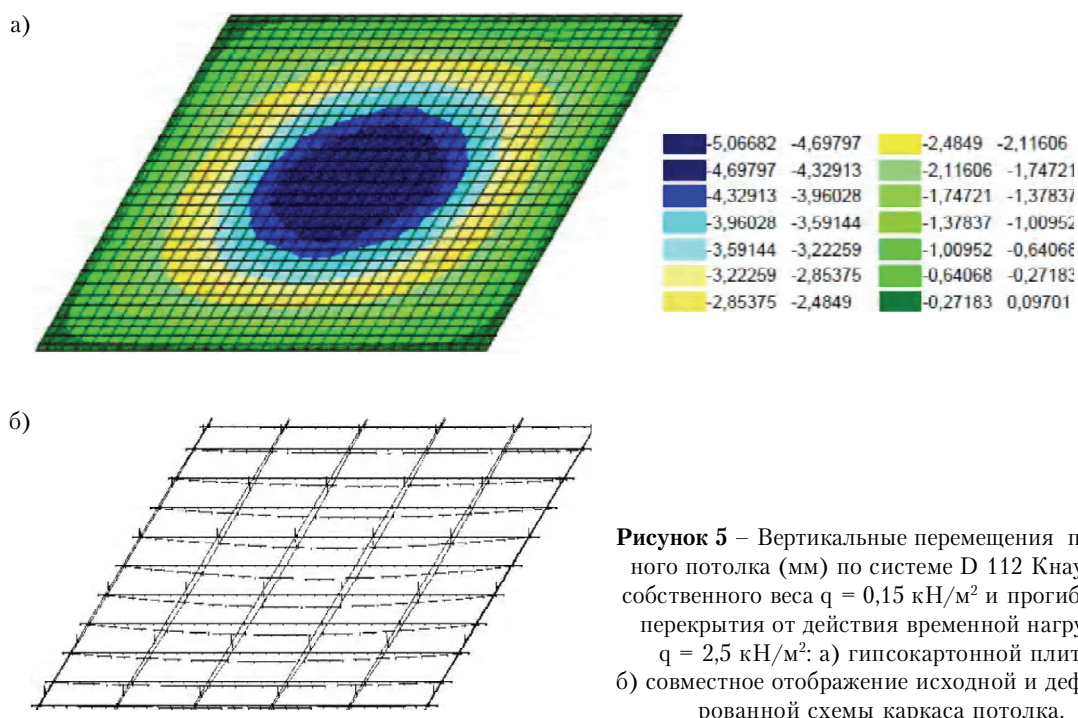


Рисунок 5 – Вертикальные перемещения подвесного потолка (мм) по системе D 112 Кнауф от собственного веса $q = 0,15 \text{ кН/м}^2$ и прогиба ж/б перекрытия от действия временной нагрузки $q = 2,5 \text{ кН/м}^2$: а) гипсокартонной плиты; б) совместное отображение исходной и деформированной схемы каркаса потолка.

При расчете определялись нормальные и касательные напряжения в продольном и поперечном направлениях гипсокартонной плиты, после чего исследовались максимальные приведенные напряжения по первой теории прочности (теории наибольших нормальных напряжений) (рис. 6–8).

Анализ работы подвесных потолков показал, что при соблюдении технических решений фирмы КНАУФ [1, 2, 5] и требований к монтажу прогиб железобетонного перекрытия от временной нагрузки не оказывает существенного влияния на НДС гипсокартонной обшивки, а в ряде случаев снижает

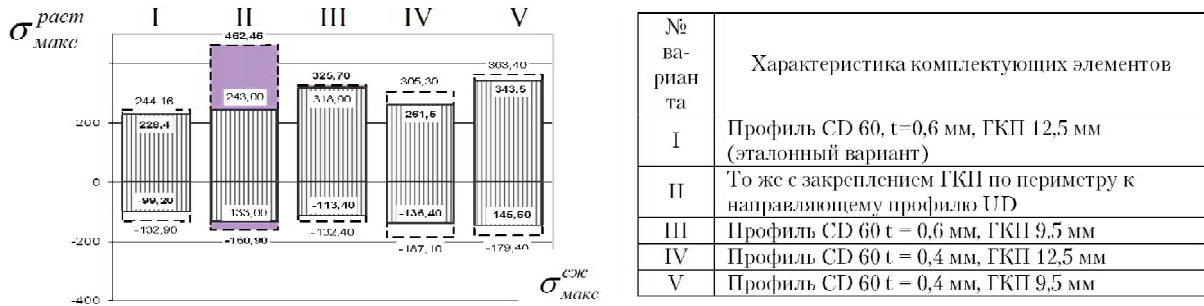


Рисунок 6 – Сопоставление приведенных максимальных напряжений в ГКП с учетом прогиба ж/б плиты от временной нагрузки при различных сочетаниях жесткостных характеристик материалов:

■ □ – увеличение и уменьшение напряжений при прогибе ж/б плиты.

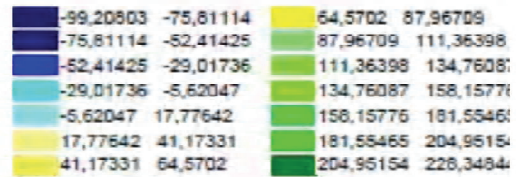
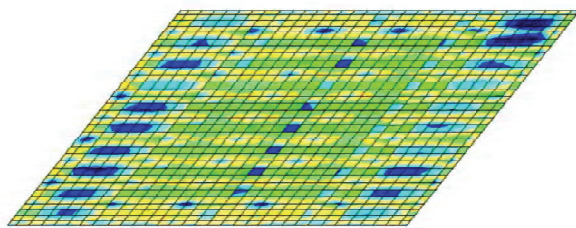


Рисунок 7 – Поля приведенных напряжений (кН/м²) по I теории прочности на лицевой стороне гипсокартонной облицовки подвесных потолков по системе D 112 Кнауф от действия собственного веса, временной нагрузки на ж/б перекрытия (прогиб f = 5 мм), при использовании **ГКП 12,5 мм, CD 60 t = 0,6 мм (эталонный вариант)**.

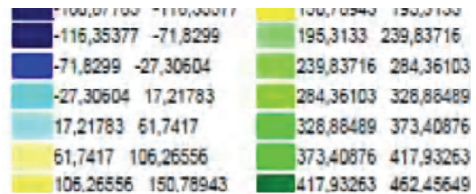
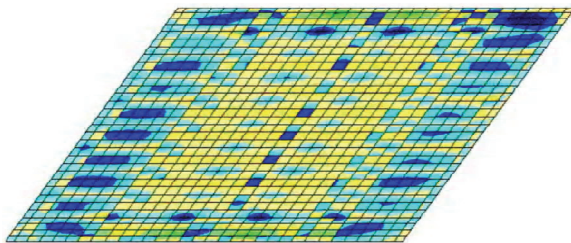


Рисунок 8 – Поля приведенных напряжений (кН/м²) по I теории прочности на лицевой стороне гипсокартонной облицовки подвесных потолков по **системе D 112 Кнауф** от действия собственного веса, временной нагрузки на ж/б перекрытия (прогиб f = 5 мм), при использовании **CD 60 t = 0,6 мм, ГКП 12,5 мм закрепленного по периметру к UD (вариант с нарушением технологии монтажа)**.

до 15 % уровень растягивающих напряжений, за исключением случаев закрепления ГКП по периметру помещения к направляющему профилю UD, что при прогибе перекрытия приводит к резкому скачку растягивающих напряжений в 1,9 раза на лицевой стороне гипсокартонной облицовки.

Использование ГКП 9,5 мм и профиля (t = 0,4 мм) приводит к увеличению растягивающих напряжений до 30 и 25 %, соответственно. При их совместном использовании максимальные растягивающие напряжения и деформации в гипсокартонной облицовке возрастают до 50 % по сравнению с эталонными вариантами.

Без проведения ряда мероприятий (увеличения количества крепежных элементов, уменьшения шага профилей, использования более прочного шовного и армирующего материала и т. д.) и при возникновении дополнительных силовых факторов (температурные перепады, реологические процессы и т. п.) это приведёт к достижению предела трещиностойкости стыков и дополнительным неучтенным прогибам и, как следствие, к потере эстетического вида как основного критерия эксплуатационной пригодности подвесных потолков.

ВЫВОДЫ

1. Каркас подвесных потолков рассчитан на толщину CD профилей $0,6 \pm 10$ % мм, массовое применение строителями утоненных профилей без корректировок конструктивной схемы является грубым нарушением и влечет за собой снижение жесткости всей системы и, как следствие, дополнительные прогибы и прирост напряжений в ГК обшивке.

2. Использование для подшивки ГКП толщиной 9,5 мм взамен регламентируемой плиты 12,5 мм недопустимо, так как требует повторного изменения шага несущих профилей, одновременно снижает прочность, трещиностойкость стыка и существенно увеличивает концентрацию напряжений в гипсокартонной облицовке, что приводит к нарушению нормальной эксплуатации подвесных гипсокартонных потолков и исчерпанию ресурса долговечности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. KNAUF. Немецкий стандарт. Звукоизоляционные системы KNAUF [Текст]. – Киев : ДП «Кнауф Маркетинг», 2010. – 24 с.
2. СП 55-102-2001 Конструкции с применением гипсоволокнистых листов [Текст]. – Введен впервые ; введ. 2002-07-01 / ОАО «ЦНИИПромзданий»; ООО «КНАУФ ГИПС»; ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус». – М. : [Росстандарт], 2003. – 61 с. (Свод правил по проектированию и строительству).
3. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. - К. : Изд-во «Сталь», 2002. – 606 с.
4. Городецкий, А. С. Компьютерные модели конструкций [Текст] / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров. – Киев : Факт, 2007. – 394 с.
5. Бёккер, Х. Гипсокартонные плиты для отделки зданий [Текст] / Х. Бёккер ; пер. с нем. Бердичевского В. Г. : под ред. Ю. М. Веллера. – М. : Стройиздат, 1986. – 176 с.
6. Optimization of the acoustic performances of lightweight sandwich roof elements [Текст] / A. Dijkmans, G. Vermeir, J. W. Niggebrugge // Measurements : Proceedings of INTER-NOISE 2009 (Ottawa, Canada; 2009 August 23–26). – Ottawa. – 2009. – P. 1–7.
7. Craik, R. J. M. Non-resonant sound transmission through double walls using statistical energy analysis [Текст] / R. J. M. Craik // Applied Acoustics. – 2003. – Vol. 64, № 3. – P. 325–341.
8. Horoshenkov, K. V. A method to calculate the acoustic response of a thin, baffled, simply supported poroelastic plate [Текст] / K. V. Horoshenkov, K. Sakagami // Journal of the Acoustical Society of America. – 2001. – 110(2). – P. 904–917.

Получено 07.11.2019

О. О. БАРМОТИН^а, О. Б. КОСИК^б ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ ГІПСОКАРТОННИХ СТЕЛЬ КНАУФ ЗА НАЯВНОСТІ ХАРАКТЕРНИХ ПОРУШЕНЬ ТЕХНОЛОГІЇ МОНТАЖУ

^а Державне підприємство «Донецький проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту "Донжелдорпроект"», ^б ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Наведено результати статичного розрахунку напружено-деформованого стану підвісних гіпсокартонних стель залежно від конструктивного рішення металевого каркаса, різних характеристик жорсткості складових елементів і експлуатаційних прогинів залізобетонного перекриття. Чисельне моделювання ПДВ проводилося для підвісної дворівневої гіпсокартонної стелі, виконаної за системою D 112 Кнауф. Каркас виконано з основних і несучих профілів CD 60/27, які розташовані в різних рівнях і взаємно перпендикулярні. З'єднання профілів виконується дворівневим з'єднувачем (сполучна муфта типу П). Крок несучих профілів рекомендується приймати 500 мм і 400 мм відповідно при поперечному і поздовжньому розташуванні гіпсокартонних плит (ГКП). Використання для підшивки ГКП товщиною 9,5 мм замість регламентованої плити 12,5 мм неприпустимо, оскільки вимагає повторної зміни кроку несучих профілів, одночасно знижує міцність, тріщиностійкість стику і істотно збільшує концентрацію напружень в гіпсокартонному облицюванні, що призводить до порушення нормальної експлуатації підвісних гіпсокартонних стель і вичерпання ресурсу довговічності.

Ключові слова: гіпсокартонні листи, конструктивні рішення підвісних стель, напружено-деформований стан.

ALEKSANDR BARMOTIN ^a, ALEKSEY KOSIK ^b
SERVICEABILITY ESTIMATE OF GYPSUM WALLBOARD PAPER CEILINGS OF
KNAUF COMPANY GIVEN BY CHARACTERISTIC ERECTION PROCESS
DISTURBANCES

^a State Enterprise «Donetsk Design and Research Institute of Railway Transport "Donzheldorproekt"», ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper has given the results of the static analysis of the stressed and strained state of the suspended gypsum wallboard ceilings depending on the structural concept of the steel framework, various rigidity features of the composing elements and operational deflections of reinforced concrete floor. Numerical simulation of the VAT was carried out for a suspended two-level plasterboard ceiling made according to the D 112 Knauf system. The frame is made of basic and supporting profiles CD 60/27, which are located at different levels and mutually perpendicular. The profiles are connected by a two-level connector (type P coupling). The step of the bearing profiles is recommended to take 500 mm and 400 mm, respectively, with the transverse and longitudinal arrangement of drywall boards (GKP). The use of 9.5 mm thick HCP for filing instead of a regulated plate of 12.5 mm is unacceptable, since it requires a repeated change in the step of the bearing profiles, at the same time reduces the strength, crack resistance of the joint and significantly increases the stress concentration in the drywall lining, which leads to disruption in the normal operation of suspended gypsum plasterboards ceilings and resource exhaustion longevity.

Key words: drywall sheets, structural solutions of suspended ceilings, stress-strain state.

Бармотин Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент; директор Государственного предприятия «Донецкий проектно-изыскательский институт железнодорожного транспорта "Донжелдорпроект"». Научные интересы: проектирование и организация работ при реконструкции гражданских зданий.

Косик Алексей Борисович – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и организация работ при реконструкции гражданских зданий.

Бармотін Олександр Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Донецький проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту "Донжелдорпроект"». Наукові інтереси: проектування і організація робіт при реконструкції цивільних будівель.

Косік Олексій Борисович – асистент кафедри технології і організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і організація робіт при реконструкції цивільних будівель.

Barmotin Aleksandr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; director State Enterprise «Donetsk Design and Research Institute of Railway Transport "Donzheldorproekt"». Scientific interests: design and organization of work during the reconstruction of civil buildings.

Kosik Aleksey – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and organization of work during the reconstruction of civil buildings.