

ИСПЫТАНИЯ КРЕПЕЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСНЫХ ПОТОЛОЧНЫХ СИСТЕМ

А.Х. Байбурин, С.А. Воробьев, Д.А. Байбурин, М.С. Загорулько
Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Объект исследования – узлы крепления подвесных потолочных систем. Целью исследования являлось испытание на прочность нетиповых решений крепления подвесных потолков. Актуальность подтверждается большим количеством аварий в виде обрушения подвесных потолков в зданиях различного назначения. Изучены и испытаны нетиповые крепления для создания каркаса подвесного потолка. За типовые крепления приняты технические решения по альбомам КНАУФ. Определены фактические прочностные характеристики примененных изделий для крепежа. Проведено их сравнение с официальными данными производителей. Оценены разрушающие нагрузки и условия применения нетиповых способов крепления подвесных потолков, возможность или невозможность их безопасной эксплуатации. Оценены затраты на устройство потолков с нетиповыми креплениями. Разработаны рекомендации по устранению дефектов креплений и применению нетиповых креплений подвесных потолков.

Ключевые слова: строительные аварии, подвесные потолочные системы, каркас потолка, испытания креплений, надежность и безопасность.

Введение

Подвесной потолок – это система, состоящая из металлического каркаса, подвешенного к перекрытию, и элементов, формирующих плоскость потолка. Каркас состоит из направляющих профилей, угловых молдингов и подвесов. Применяют несколько видов каркасов потолка: с двухосным каркасом в одном и двух уровнях, с одноосным каркасом и без каркаса [1, 2].

Изменение технологии крепления без учета условий эксплуатации и допустимых нагрузок на конструкции может привести к деформациям и обрушению потолочных систем [3–7]. Причиной обрушения потолков могут быть сейсмические воздействия, а также динамические нагрузки при работе подвесного оборудования (вентиляция, кондиционирование и пр.). Поэтому проводят виброиспытания потолочных систем [8–12].

Требования к устройству подвесных потолков приведены в нормах, технологических картах и альбомах технических решений [13–21]. Методы испытаний на несущую способность потолочных конструкций, нормируемые характеристики и допустимые отклонения приведены в стандарте DIN EN 13964-2014 [22].

В статье приведены результаты испытаний нетиповых узлов крепления подвесных потолков, часто применяемых в строительстве для минимизации стоимости работ.

Метод исследований

Испытания нетиповых узлов крепления проводились с целью определения наиболее слабого элемента и возможности безопасной эксплуатации потолков. На основе результатов статических испытаний узлов получены рекомендации по исправлению типичных дефектов крепежа, а также

по усилению узлов в зависимости от применяемой технологии и материалов.

Проведение исследования включало в себя следующие виды работ:

- анализ исходной информации об узлах креплений;
- обмер геометрических параметров нетиповых узлов;
- испытания нетиповых узлов и материалов разрушающими методами;
- определение фактических прочностных характеристик примененных строительных материалов;
- сбор нагрузок и поверочные расчеты основных элементов конструкции.

Исследовался нестандартный конструктив одноуровневой потолочной системы. Для выявления самого слабого места крепления, а также условий возможного применения нетипового крепежа произведены следующие испытания:

- вырыв металлических анкеров из бетонного основания (пустотной плиты);
- вырыв пластиковых дюбелей с саморезами из бетонного основания;
- вырыв шляпок саморезов через стенку металлического профиля;
- вырыв шляпок дюбелей с саморезами через стенку металлического профиля;
- испытание нетипового крепления «профиль-стойка ПП – потолочный профиль ПП»;
- испытание нетипового крепления «заделка-профиль ПН – потолочный профиль ПП».

Узлы для испытаний изготавливались из материалов, часто применяемых в конструктивах потолочных систем на объектах строительства РФ. В качестве подвеса использовалась стойка из потолочного профиля, который также применялся для каркаса потолка.

Материалы, использованные для испытаний нетиповых креплений (отличных от типовых решений КНАУФ П11 [22]):

1) профиль потолочный ПП по ТУ 1111-004-04001508-95 с толщиной стенки 0,35, 0,45, 0,51, 0,60 мм;

2) профиль направляющий потолочный ПН по ТУ 1111-004-04001508-95 с толщиной стенки 0,35, 0,60 мм;

3) саморез черный по гипсокартону – металлу. Размер 3,5 × 45 мм;

4) саморез с пресс-шайбой по ГОСТ 10510-2013. Размер 4,2 × 14 мм;

5) дюбель универсальный полипропиленовый 8 × 52 мм;

6) анкер металлический Omax 8-45 М6 diam. 6 мм.

Испытание элементов крепления к перекрытию на выдергивание производилось на железобетонной многопустотной плите заводского изготовления из тяжелого бетона В25. Использовались образцы полипропиленовых дюбелей и саморезов по дереву как замена металлических дюбелей и анкеров типовых решений.

Испытания проводились на двух универсальных испытательных машинах: WAW-600, Tinius Olsen 602, а также методом отрыва с прибором ОНИКС-1.ОС по ГОСТ 22690-2015. Для контроля толщин стенок профилей использовался микрометр МКЦ-0,01.

1. Вырыв металлических анкеров из бетонного основания.

Подвесы в потолочных системах крепились к несущему основанию на металлический крепеж. Главной эксплуатационной характеристикой надежности анкерного узла считалось усилие вырыва. Нагрузка определялась испытаниями на вырыв серии из пяти образцов прибором ОНИКС-1.ОС. Скорость нагружения анкера до момента его вырыва составляла 1–3 мин.

2. Вырыв пластиковых дюбелей с саморезами из бетонного основания.

В реальных конструкциях подвесных потолков металлические анкера заменяют пластиковыми дюбелями, причем в большинстве случаев вместо системы «дюбель – гвоздь», используют составную конструкцию «пластиковая гильза – черный саморез». Такой вариант является самым дешевым аналогом. Методика определения нагрузки для пластикового дюбеля аналогична методике определения вырыва металлического анкера.

3. Вырыв шляпок саморезов через стенку металлического профиля.

Для определения усилия вырыва шляпки самореза через толщину стенки профиля проводились испытания на выдергивание шляпок черных саморезов через профиль ПП в конструкции. Рассматривалось два варианта крепежа: 1) саморез закручивался в профиль непосредственно через сплошной слой металла, без создания в профиле

отверстия; 2) в профиле заранее создавалось отверстие диаметром 8 мм под пластиковый дюбель, затем вставлялся сам дюбель, и в него закручивался саморез.

4. Испытание нетипового крепления «профиль-стойка ПП – потолочный профиль ПП».

Для создания нетипового подвесного каркаса часто используют потолочные профили ПП, которые выполняют роль и несущего элемента, и подвеса-стойки. При этом исключается применение специализированных крепежных элементов, таких как тяга, подвес, одноуровневый соединитель.

Подвес изготавливался из куска потолочного профиля путем обрезки стенки основания и крепления полок ПП к горизонтальному потолочному профилю через два самореза с пресс-шайбой (замена черным саморезам). Изготовленный узел устанавливался в зажимы испытательной машины, и определялось усилие разрушения узла в области крепления двух профилей через саморезы с пресс-шайбой.

Были подготовлены следующие варианты узлов для испытаний. Варианты 1–4. Профиль-стойка 0,6 мм – потолочный профиль 0,60, 0,51, 0,45, 0,35 мм. Варианты 5–8. Профиль-стойка 0,51 мм – потолочный профиль 0,60, 0,51, 0,45, 0,35 мм. Варианты 9–12. Профиль-стойка 0,45 мм – потолочный профиль 0,60, 0,51, 0,45, 0,35 мм. Варианты 13–16. Профиль-стойка 0,35 мм – потолочный профиль 0,60, 0,51, 0,45, 0,35 мм.

5. Испытание нетипового крепления «заделка-профиль ПН – потолочный профиль ПП».

Для закрепления подвеса из потолочного профиля к несущему основанию использовался направляющий профиль. Кусок потолочного профиля размером большим, чем стенка потолочного профиля, через крепежный элемент – один саморез с пресс-шайбой – прикручивался к направляющему профилю. Узел испытывался на максимальную нагрузку отрыва.

Были подготовлены следующие варианты узлов для испытаний. Варианты 1–4. Заделка-профиль 0,60 мм – профиль потолочный 0,60, 0,51, 0,45, 0,35 мм. Варианты 5–8. Заделка-профиль 0,35 мм – профиль потолочный 0,60, 0,51, 0,45, 0,35 мм.

Анализ полученных экспериментальных данных проводился путем сравнения как самих данных между собой, так и с данными официальных источников фирм-производителей крепежа, либо с аналогом по правильно примененной технологии.

Результаты и обсуждение

1. Испытания на вырыв металлических анкеров и пластиковых дюбелей из бетонного основания.

В качестве пластикового крепежа выбирались наиболее распространённые типы гильз дюбеля – универсальная, с усиками, прямая (без усиков). В качестве распорного элемента использовался черный саморез для крепления листов ГКЛ.

Определение усилий на вырыв из отверстий в теле железобетонной пустотной плиты заводского изготовления из бетона В25 производилось прибором ОНИКС-1.0С (рис. 1). Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Среднее значение усилия вырыва стального анкера Омах 8-45 М6 – 3,68 кН. Значение минимальной вырывающей силы из источников фирмы-производителя – 10,5 кН. Для крепления подвесов по комплектным технологиям КНАУФ используется крепеж анкер-клин. Показатель минимальной вырывающей силы крепежа анкер-клин – 3,6 кН.

Усилие вырыва металлического анкера в среднем в 14–28 раз больше по сравнению с испытанными пластиковыми дюбелями.

Усилия вырыва пластиковых дюбелей, предоставленные фирмами-производителями, превышают значения, полученные в ходе испытаний (рис. 2).

2. Вырыв шляпок саморезов из металлического профиля.

Для оценки надежности крепления металлического профиля через саморез производились испытания на разрывной машине Tinius Olsen 602



Рис. 1. Вырыв анкера Омах 8-45 М6 из бетонного основания

Таблица 1

Результаты испытания анкеров и дюбелей на вырыв

Наименование испытания	Усилия вырыва, кН					Среднее, кН	Вариация
	1	2	3	4	5		
Анкер стальной Омах 8-45 М6	4,10	3,60	3,80	3,40	3,50	3,68	0,28
Универсальный дюбель U55 с саморезом по дереву	0,23	0,33	0,23	0,26	0,28	0,27	0,04
Дюбель-гвоздь 6 × 40 (серая пластмасса без усиков)	0,13	0,14	0,13	0,12	0,14	0,13	0,01
Дюбель-гвоздь 6 × 40 (серая пластмасса с усиками)	0,17	0,19	0,17	0,23	0,19	0,19	0,02



Рис. 2. Сравнение значений вырыва дюбелей с данными фирм-производителей

Технология и организация строительства

(рис. 3). Толщина стенки профиля измерялась с помощью цифрового микрометра МКЦ-0,01. Саморез черный закручивался непосредственно в профиль (без подготовленного отверстия) и в пластиковый дюбель. Пластиковый дюбель находился с обратной стороны профиля, а сам профиль был закреплён только площадью головки самореза, диаметр головки самореза – 3,5 мм. Результаты испытаний представлены в табл. 2. Вариация значений в пределах 4–6 % свидетельствует о достаточной точности проведенных испытаний.

3. Вырыв шляпок дюбелей с саморезами через стенку профиля.

Испытания на выдергивание пластикового дюбеля U55 с саморезом через профиль с подго-

товленным отверстием в профиле диаметром 8,0 мм с неровными краями: профиль просверлен сверлом по бетону, как практикуется на объектах строительства (рис. 4). В отверстие вставлен полипропиленовый дюбель. Саморез черный диаметром 6 мм закручивался непосредственно в дюбель, сам крепеж вставлялся в профиль с готовым отверстием и забивался молотком (либо закручивался) до плотного прилегания головки дюбеля к профилю. Технология устройства узла соответствует применяемой на стройках. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Анализ результатов табл. 2, 3 показал: отверстие под крепеж, подготовленное в профиле для его удобной установки в какое-либо основание, снижает несущую способность узла крепления примерно на треть (рис. 5).



Рис. 3. Испытание на вырыв шляпки самореза через стенку профиля



Рис. 4. Вырыв шляпки дюбеля с саморезом через стенку профиля

Таблица 2

Результаты испытаний на вырыв саморезов из профиля

Наименование испытания	Усилие вырыва, кН					Среднее, кН	Вариация
	1	2	3	4	5		
Профиль толщ. 0,35 мм	1,46	1,54	1,48	1,55	1,41	1,49	0,06
Профиль толщ. 0,45 мм	2,39	2,34	2,34	2,28	2,38	2,35	0,04
Профиль толщ. 0,51 мм	2,42	2,48	2,38	2,45	2,51	2,45	0,05
Профиль толщ. 0,60 мм	2,94	2,97	2,94	2,86	3,01	2,94	0,06

Таблица 3

Результаты испытаний на вырыв дюбеля через стенку профиля

Наименование испытания	Усилие вырыва, кН					Среднее, кН	Вариация
	1	2	3	4	5		
Профиль толщ. 0,35 мм	1,22	1,07	1,18	1,11	1,23	1,16	0,07
Профиль толщ. 0,45 мм	1,48	1,38	1,71	1,62	1,50	1,54	0,13
Профиль толщ. 0,51 мм	1,68	1,70	1,73	1,58	1,81	1,70	0,08
Профиль толщ. 0,60 мм	2,01	1,93	1,95	1,86	2,11	1,97	0,09

Результаты определения прочности соединения на растяжение

Наименование испытания	Усилие вырыва, кН					Среднее, кН	Вариация
	1	2	3	4	5		
Подвес-стойка 0,60 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,60 мм	6,95	7,23	7,45	7,5	6,91	7,21	0,27
Подвес-стойка 0,6 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,51 мм	5,98	5,83	5,78	5,62	5,51	5,74	0,18
Подвес-стойка 0,60 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,45 мм	4,79	4,54	4,62	4,42	4,30	4,53	0,19
Подвес-стойка 0,60 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,35 мм	4,37	3,81	4,02	4,28	4,36	4,17	0,25
Подвес-стойка 0,51 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,60 мм	4,86	5,01	4,93	5,10	4,8	4,94	0,12
Подвес-стойка 0,51 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,51 мм	4,42	4,39	4,83	4,25	4,13	4,40	0,26
Подвес-стойка 0,51 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,45 мм	4,11	3,90	3,86	3,74	3,70	3,86	0,16
Подвес-стойка 0,51 мм – ПП 60 × толщ. 0,35 мм	3,43	2,98	3,26	2,95	3,06	3,14	0,20
Подвес-стойка 0,45 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,60 мм	3,78	3,62	3,81	3,75	3,66	3,72	0,08
Подвес-стойка 0,45 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,51 мм	3,52	3,42	3,26	3,28	3,40	3,38	0,11
Подвес-стойка 0,45 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,45 мм	3,36	2,94	3,44	2,99	3,00	3,15	0,23
Подвес-стойка 0,45 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,35 мм	2,54	2,56	2,68	2,4	2,59	2,55	0,10
Подвес-стойка 0,35 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,60 мм	2,57	2,61	2,58	2,49	2,70	2,59	0,08
Подвес-стойка 0,35 мм – ПП 60 × толщ. 0,51 мм	2,09	2,25	2,71	2,58	2,11	2,35	0,28
Подвес-стойка 0,35 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,45 мм	2,35	2,02	2,12	2,22	2,28	2,20	0,13
Подвес-стойка 0,35 мм – ПП 60 × 27 толщ. 0,35 мм	1,23	1,52	1,41	1,51	1,58	1,45	0,14

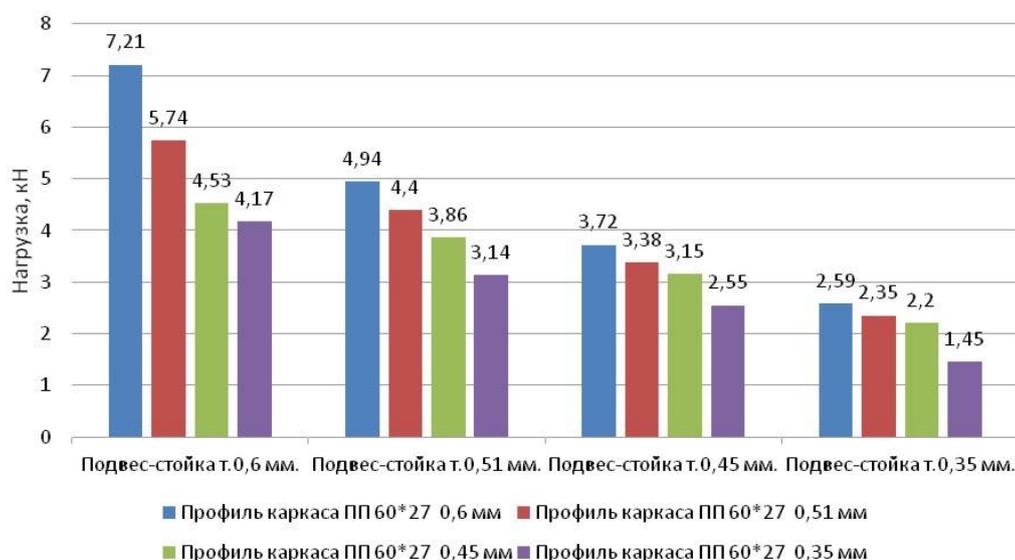


Рис. 7. Результаты испытаний узла «подвес-стойка – профиль каркаса ПП»

Для сравнения экспериментальной несущей способности нетипового узла «подвес-стойка ПП – потолочный профиль ПП» с типовыми расчетными подвесами КНАУФ использован поправочный коэффициент 1,15 на величину минимальной нагрузки экспериментальных значений. Сравнительные данные показаны на рис. 8. Сравнение показывает: минимальная несущая способность нетипового узла в 2,6 раза выше несущей способности типовых подвесов КНАУФ.

5. Испытание крепления «заделка-профиль ПН – подвес-стойка ПП».

В качестве подвеса использовалась стойка из потолочного профиля ПП 60 × 27, закрепленного к

потолку через кусок направляющего профиля ПН 27 × 28 с фиксацией саморез с пресс-шайбой. Испытания проводились на машине WAW-600 (рис. 9). Результаты испытаний – в табл. 5 и на рис. 10.

Сравнение результатов показывает (см. рис. 10), что несущая способность узла зависит от толщины профиля, монтируемого к основанию (заделка-профиль). Несущая способность резко снижается по сравнению с испытаниями узла «подвес-стойка – профиль каркаса ПП» по следующим причинам: сборка узла производится на один саморез; заделка-профиль ПН 27 × 28 прямой, без дополнительных закруглений, придающих жесткость.

Сравнение нетипового узла «заделка-профиль ПН – подвес-стойка ПП» с показателями

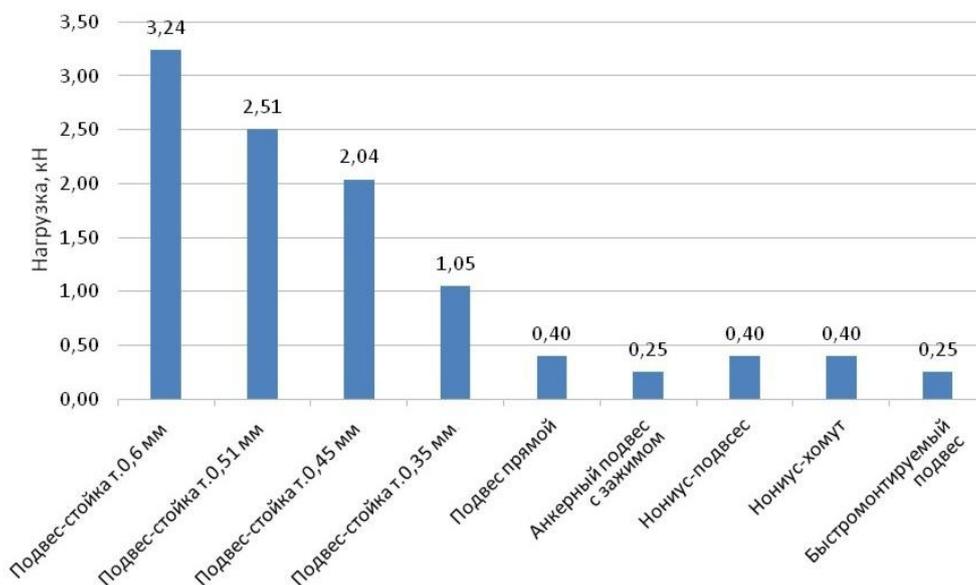


Рис. 8. Сравнение несущей способности нетиповых вариантов креплений профилем ПП с креплениями КНАУФ

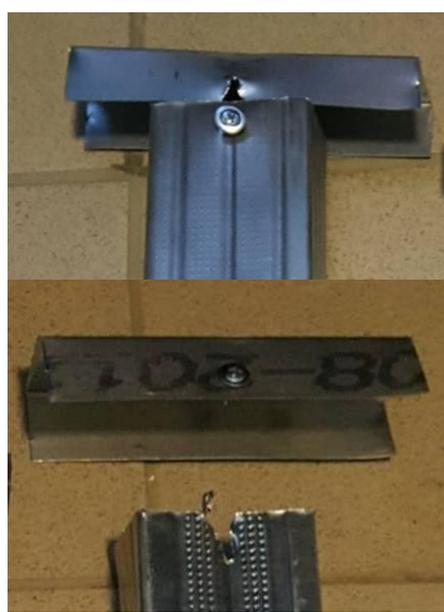


Рис. 9. Испытание крепления «заделка-профиль ПН – подвес-стойка ПП»

Результаты определения прочности соединения «ПН – ПП» на растяжение

Наименование испытания	Усилие отрыва, кН					Среднее, кН	Вариация
	1	2	3	4	5		
Заделка-профиль 0,60 мм – подвес ПП 60 × 27 0,60 мм	2,74	2,80	2,58	2,94	2,86	2,78	0,14
Заделка-профиль 0,60 мм – подвес ПП 60 × 27 0,51 мм	2,41	2,21	2,59	2,61	2,67	2,50	0,19
Заделка-профиль 0,60 мм – подвес ПП 60 × 27 0,45 мм	2,38	1,98	2,23	2,44	2,41	2,29	0,19
Заделка-профиль 0,60 мм – подвес ПП 60 × 27 0,35 мм	1,10	1,04	1,11	0,91	1,12	1,06	0,09
Заделка-профиль 0,35 мм – подвес ПП 60 × 27 0,60 мм	1,67	1,68	1,66	1,58	1,54	1,63	0,06
Заделка-профиль 0,35 мм – подвес ПП 60 × 27 0,51 мм	1,37	1,35	1,59	1,57	1,36	1,45	0,12
Заделка-профиль 0,35 мм – подвес ПП 60 × 27 0,45 мм	1,40	1,32	1,29	1,36	1,31	1,34	0,04
Заделка-профиль 0,35 мм – подвес ПП 60 × 27 0,35 мм	0,97	1,13	1,02	0,92	0,90	0,99	0,09

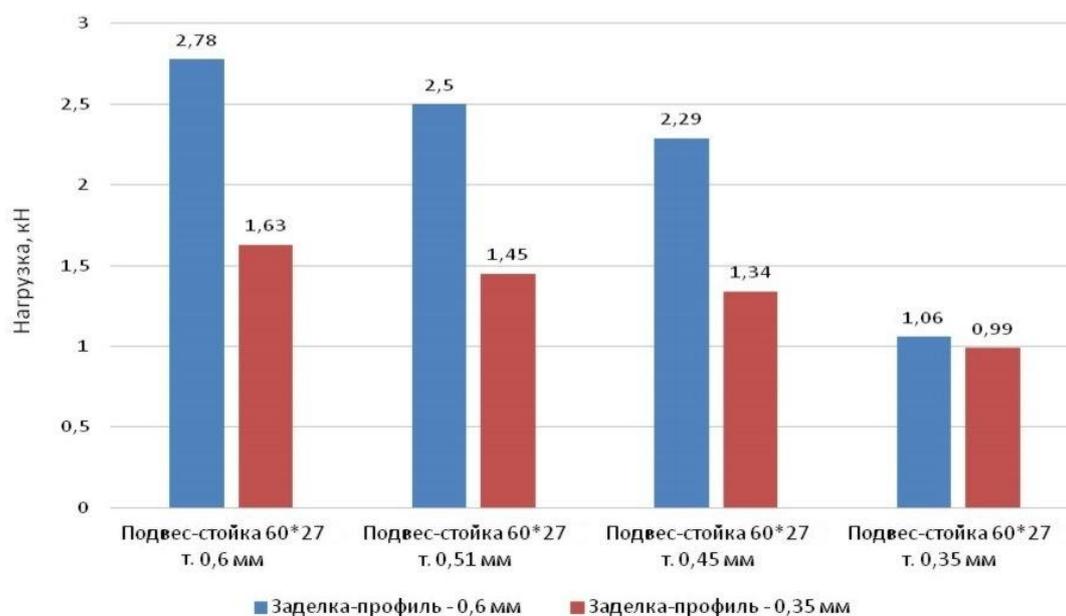


Рис. 10. Сравнение несущей способности нетипового узла «заделка-профиль ПН 27 × 28 – подвес-стойка ПП 60 × 27»

несущей способности типовых подвесов КНАУФ показано на рис. 11.

Замена крепежных элементов комплектной системы КНАУФ на нетиповые и применение профиля меньшей толщины уменьшает затраты на материалы до 64 % по сравнению с типовыми решениями. Переход на нетиповые крепления значительно уменьшает сметную стоимость – до 23 %, или от 50 до 190 рублей за кв. м, что является существенной экономией. Сметные расчеты объясняют такие замены на многих реальных конструкциях потолков. Однако, как показали исследования, при этом может быть снижена конструктивно-

технологическая надежность креплений потолка, особенно при сейсмических и других динамических воздействиях, связанных, например, с работой вентиляционных потолочных систем.

Заключение

В строительстве при монтаже подвесных потолков широкое распространение получили нетиповые подвесы в виде профиля направляющего ПН 28 × 27 и стойки из профиля потолочного ПП 60 × 27, закрепленных к перекрытию с помощью полиэтиленовых дюбель-гвоздей разной конфигурации и реже – металлическими анкерами.

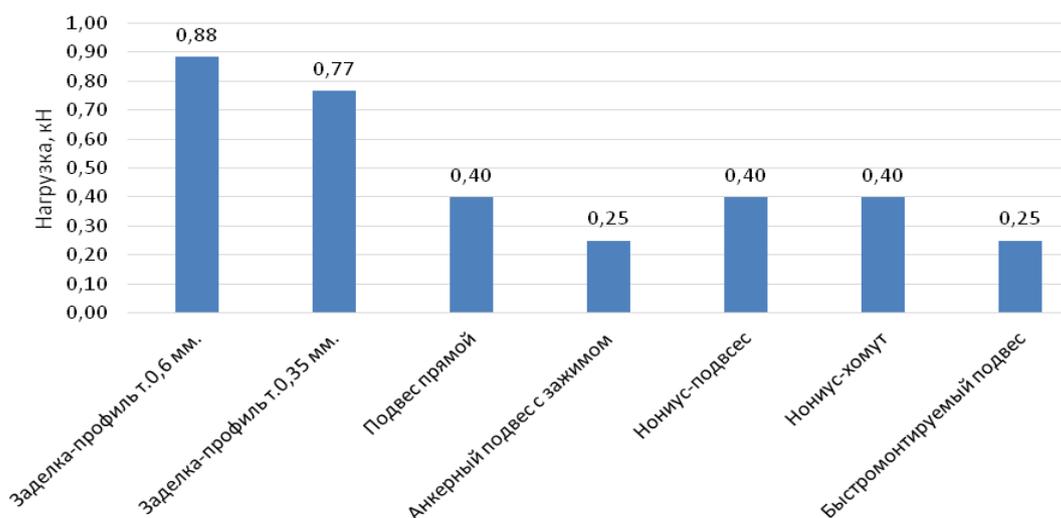


Рис. 11. Сравнение несущей способности нетипового узла «заделка-профиль ПН – подвес-стойка ПП» и типовых вариантов креплений КНАУФ

При испытании на вырыв из бетонного основания полиэтиленовых дюбель-гвоздей разной конфигурации определена низкая несущая способность – 0,13–0,27 кН (13,3–27,5 кгс). Заявленная фирмами-производителями несущая способность полиэтиленовых дюбелей завышена от 2 до 7 раз. Температура размягчения полиэтилена дюбелей – 60–120 °С, плавления – 105–210 °С, что неприемлемо из соображений огнестойкости конструкции потолка. Усилие вырыва из бетонного основания металлического анкера – 3,68 кН, что в 14–28 раз больше по сравнению с испытанными пластиковыми дюбелями. Заявленная фирмой-производителем несущая способность стального анкера Omax 8-45 М6 завышена в 2,8 раза.

Значение несущей способности, при испытании на вырыв шляпки (диам. 3,5 мм) самореза из профилей толщиной 0,35; 0,45; 0,55; 0,61 мм без предварительно сделанного отверстия в профиле составляет от 1,49 кН (профиль 0,35 мм) до 2,94 кН (профиль 0,6 мм). Усилие вырыва дюбеля саморезом из профилей с предварительно сделанным отверстием в профиле значительно меньше: от 1,16 кН (профиль 0,35 мм) до 1,97 кН (профиль 0,6 мм).

Нетиповой узел «стойка-подвес ПП 60 × 27 – потолочный профиль ПП 60 × 27» толщиной профиля 0,6; 0,51; 0,45; 0,35 мм, закрепленный на два самореза с прессшайбой, показал несущую способность от 1,45 кН (оба профиля толщ. 0,35 мм) до 7,21 кН (оба профиля толщ. 0,60 мм). По типовому альбому технических решений КНАУФ [22] типовые подвесы каркаса рассчитаны на несущую способность не более 40 кН.

Нетиповой узел «профиль-заделка ПН 28 × 27 толщиной профиля – стойка-подвес ПП 60 × 27» толщиной профиля 0,6; 0,51; 0,45; 0,35 мм, закрепленный на один саморез с прессшайбой, показал не-

сущую способность от 0,99 кН (оба профиля толщ. 0,35 мм) до 2,78 кН (оба профиля толщ. 0,6 мм).

При переходе на нетиповые подвесы и замену на профиль меньшей толщины значительно уменьшается стоимость сметы – до 23 % или от 50 до 190 руб. за кв. м, что является существенной экономией при сборке потолков.

На основании исследований разработаны рекомендации для производства работ по устройству потолков.

1. Разрешается применять нетиповой подвес при монтаже подвесных потолков с закреплением к основанию металлическими распорными анкерами или анкер-клиньями. Применение полиэтиленовых дюбель-гвоздей для этих целей недопустимо и может привести к обрушению потолка. Последние не удовлетворяют также требованиям пожарной безопасности.

2. При закреплении элементов нетипового узла между собой на саморезы по металлу, предназначенные для крепления ГКЛ, элементы соединения не полностью притягиваются между собой. Поэтому соединение может работать на вырыв самореза из металла профиля, а не только на смятие. Рекомендуется собирать нетиповой подвес между собой только на саморезы с пресс-шайбой.

3. При сборке многоуровневых, тяжелых подвесных потолков (например, в кинозалах, массой 60 кг/кв. м) необходимо:

нетиповой узел «профиль-заделка ПН – стойка-подвес ПП» крепить между собой на два самореза с пресс-шайбой;

выбор нетипового крепежного элемента подвеса к несущему основанию подтверждать испытаниями на вырыв.

4. При сборке каркаса потолков и подвесов не рекомендуется применять профиль толщиной 0,35 мм. Профиль проходит по несущей способности, но при сборке нетипового узла происходит

замытие полок саморезом, что при наличии других ошибок в монтаже, динамических нагрузок и статических перегрузок в узлах может привести к обрушению подвесного потолка.

Литература

1. Маркетинговое исследование рынка потолочных систем. – https://www.vira.ru/exp/reviews/res_ceiling3.html (дата обращения 27.08.2021).
2. Современное здание. Конструкции и материалы / А.А. Батищев, А.В. Волков, Е.Д. Карант и др. – М.-СПб.: Новое, 2004.
3. Байбурун, А.Х. Аварии зданий и сооружений (уроки строительных аварий) / А.Х. Байбурун, И.В. Стоякин. – Челябинск: Цицеро, 2019. – 124 с.
4. Аварии зданий и сооружений на территории Российской Федерации в 1993–2002 гг. Бюллетени Госархстройнадзора России.
5. Аварии в строительстве – подвесной потолок. – <http://bcrash.ru/> (дата обращения 27.08.2021 г.).
6. Экспертиза обрушения подвесного потолка. – https://stroy-expertiza.ru/ekspertiza_obrusheniya_podvesnogo_potolka.htm (дата обращения 27.08.2021).
7. Экспертиза монтажа подвесного потолка. – <https://obsledovanie-sooruzhenij.ru/obsledovanie-podvesnogo-potolka-pomeschenij-zdaniya.html> (дата обращения 27.08.2021).
8. Shaking table tests on seismic response of discontinuous suspended ceilings / T. Zhou, X. Wang, W. Liu et al. // *Journal of Building Engineering*. – 2021. – No. 43, 102916. DOI: 10.1016/j.jobe.2021.102916.
9. Ryu, K.P. Experimental Study of Large Area Suspended Ceilings / K.P. Ryu, A.M. Reinhorn // *Journal of Earthquake Engineering*. – 2019. – No. 23(6). – P. 1001–1032. DOI: 10.1080/13632469.2017.1342294.
10. Han, Q. Natural vibration characteristic analysis and experimental research of suspended ceiling systems / Q. Han, Y. Zhao, Y. Lu // *Journal of Building Structures*, 2018, no. 39(7), pp. 95–103. DOI: 10.14006/j.jzjgxb.2018.07.011.
11. A comparative study of sub-system and system level experiments of suspension ceiling systems / S. Soroushian, E. Rahmanishamsi, K.P. Ryu et al. // *NCEE-2014 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering: Frontiers of Earthquake Engineering*, 2014. DOI: 10.4231/D3V97ZS2H.
12. Shake table tests for seismic assessment of suspended continuous ceilings / G. Magliulo, V. Pentangelo, G. Maddaloni et al. // *Bulletin of Earthquake Engineering*. – 2012. – No. 10(6). – P. 1819–1832. DOI: 10.1007/s10518-012-9383-6.
13. Федеральный закон РФ от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.
14. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
15. СП 71.13330.2017 Изоляционные и отделочные покрытия. Акт. редакция СНиП 3.04.01-87.
16. СП 163.1325800.2014 Конструкции с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов. Правила проектирования и монтажа.
17. ВСН 28-95. Инструкция по технологии монтажа и отделке подвесных потолков промышленными методами.
18. ГОСТ Р 58324-2018 Потолки подвесные. Общие технические условия.
19. ТР 95.16-01 Технологический регламент устройства подвесных потолков и перегородок.
20. Технический лист. П11 Подвесные потолки КНАУФ, 2015.
21. Альбом рабочих чертежей КНАУФ. Серия 1.045.9-2.08. Выпуск 2.
22. DIN EN 13964-2014. Потолки подвесные. Требования и методы испытаний.

Байбурун Альберт Халитович, профессор кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), baiburinak@susu.ru.

Воробьев Сергей Александрович, магистрант кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), gbkcd@mail.ru.

Байбурун Денис Альбертович, ст. преподаватель кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), baiburinda@susu.ru.

Загорюлько Михаил Сергеевич, зав. лабораторией кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), zagorulko@susu.ru.

Поступила в редакцию 28 октября 2021 г.

TESTING OF FASTENERS FOR SUSPENDED CEILING SYSTEMS

A.Kh. Baiburin, baiburinak@susu.ru

S.A. Vorobev, gbkcd@mail.ru

D.A. Baiburin, baiburinda@susu.ru

M.S. Zagorulko, zagorulko@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The object of the research is the fastening of suspended ceiling systems. The goal of the research is to test the strength of non-standard solutions for installing suspended ceilings. The relevance is confirmed by a large number of accidents in the form of the collapse of suspended ceilings in buildings of various purposes. Non-standard fasteners for creating a suspended ceiling frame are studied and tested. Technical solutions from KNAUF albums are considered as standard fasteners. The actual strength characteristics of the applied products for fasteners are determined. Their comparison against the official data of manufacturers is performed. The destructive loads and conditions for applying non-standard methods for installing suspended ceilings, the possibility or impossibility of their safe operation are evaluated. The costs for installing ceilings with non-standard fasteners are estimated. Recommendations are developed for the elimination of the fasteners defects and for the use of non-standard fasteners for suspended ceilings.

Keywords: construction accidents, suspended ceiling systems, ceiling frame, fastening tests, reliability and safety.

References

1. *Marketingovoye issledovaniye rynka potolochnykh system* [Marketing Research of the Ceiling Systems Market]. Available at: https://www.vira.ru/exp/reviews/res_ceiling3.html (accessed 27.08.2021).
2. Batishchev A.A., Volkov A.V., Karant E.D. *Sovremennoye zdaniye. Konstruktsii i materialy* [A Modern Building. Structures and Materials]. Moscow–St. Petersburg, Novoye Publ., 2004.
3. Bayburin A.Kh., Stoyakin I.V. *Avarii zdaniy i sooruzheniy (uroki stroitel'nykh avariy)* [Accidents of Buildings and Structures (Lessons of Construction Accidents)]. Chelyabinsk, Tsitsero Publ., 2019. 124 p.
4. *Avarii zdaniy i sooruzheniy na territorii Rossiyskoy Federatsii v 1993–2002 gg. Byulleteni Gosarkhstroy-nadzora Rossii* [Accidents of Buildings and Structures on the Territory of the Russian Federation in 1993–2002. Bulletins].
5. *Avarii v stroitel'stve – podvesnoy potolok* [Accidents in Construction – Suspended Ceiling]. Available at: <http://bcrash.ru/> (accessed 27.08.2021 g.).
6. *Ekspertiza obrusheniya podvesnogo potolka* [Examination of the Collapse of the Suspended Ceiling]. Available at: https://stroy-expertiza.ru/ekspertiza_obrusheniya_podvesnogo_potolka.htm (accessed 27.08.2021).
7. *Ekspertiza montazha podvesnogo potolka* [Examination of the Installation of a Suspended Ceiling]. Available at: <https://obsledovanie-sooruzhenij.ru/obsledovanie-podvesnogo-potolka-pomeschenij-zdaniya.html> (accessed 27.08.2021).
8. Zhou T., Wang X., Liu W., Zhang Z., Ma B., Tan W. [Shaking Table Tests on Seismic Response of Discontinuous Suspended Ceilings]. *Journal of Building Engineering*, 2021, no. 43, 102916. doi: 10.1016/j.job.2021.102916.
9. Ryu K.P., Reinhorn A.M. [Experimental Study of Large Area Suspended Ceilings]. *Journal of Earthquake Engineering*, 2019, no. 23(6), pp. 1001–1032. doi: 10.1080/13632469.2017.1342294.
10. Han Q., Zhao Y., Lu Y. [Natural Vibration Characteristic Analysis and Experimental Research of Suspended Ceiling Systems]. *Journal of Building Structures*, 2018, no. 39(7), pp. 95–103. doi: 10.14006/j.jzjgxb.2018.07.011.
11. Soroushian S., Rahmanishamsi E., Ryu K.P., Maragakis E.M., Reinhorn A.M. [A Comparative Study of Sub-System and System Level Experiments of Suspension Ceiling Systems]. *NCEE-2014 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering: Frontiers of Earthquake Engineering*, 2014. doi: 10.4231/D3V97ZS2H.
12. Magliulo G., Pentangelo V., Maddaloni G., Capozzi V., Petrone C., Lopez P., Talamonti R., Manfredi G. [Shake Table Tests for Seismic Assessment of Suspended Continuous Ceilings]. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2012, no. 10(6), pp. 1819–1832. doi: 10.1007/s10518-012-9383-6.
13. *Federal'nyy zakon RF ot 30 dekabrya 2009 g. №384-FZ. Tekhnicheskii reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzheniy* [Federal Law of the Russian Federation no. 384-FZ. Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures].

14. *Federal'nyy zakon RF ot 22 iyulya 2008 g. №123-FZ. Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozhar-noy bezopasnosti* [Federal Law of the Russian Federation no. 123-FZ. Technical Regulations on Fire Safety Requirements].
15. *SP 71.13330.2017 Izolyatsionnyye i odelochnyye pokrytiya. Akt. redaktsiya SNiP 3.04.01-87* [Set of Rules 71.13330.2017. Insulation and Finishing Coatings].
16. *SP 163.1325800.2014 Konstruktsii s primeneniym gipsokartonnykh i gipsovoloknistykh listov. Pravila proyektirovaniya i montazha* [Set of Rules 163.1325800. 2014. Constructions with the Use of Plasterboard and Gypsum Fiber Sheets. Rules of Design and Installation].
17. *VSN 28-95. Instruksiya po tekhnologii montazha i otdelke podvesnykh potolkov industrial'nyimi metodami* [Building Codes 28-95. Instructions on the Technology of Installation and Finishing of Suspended Ceilings by Industrial Methods].
18. *GOST R 58324-2018 Potolki podvesnyye. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya* [State Standard RF 58324-2018. Suspended Ceilings. General Specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 37 p.
19. *TR 95.16-01 Tekhnologicheskii reglament ustroystva podvesnykh potolkov i peregorodok* [Technological Map 95.16-01 Technological Regulations for the Installation of Suspended Ceilings and Partitions].
20. *Tekhnicheskiy list. P11 Podvesnyye potolki KNAUF* [Technical Sheet. P11 Suspended ceilings KNAUF], 2015.
21. *Al'bom rabochikh chertezhey KNAUF. Seriya 1.045.9-2.08. Vyp. 2* [Album of Working Drawings of KNAUF. Series 1.045.9-2.08., iss. 2].
22. *DIN EN 13964-2014. Potolki podvesnyye. Trebovaniya i metody ispytaniy* [DIN EN 13964-2014. Suspended Ceilings. Requirements and Test Methods].

Received 28 October 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Испытания крепежных элементов подвесных потолочных систем / А.Х. Байбурин, С.А. Воробьев, Д.А. Байбурин, М.С. Загорюлько // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 33–44. DOI: 10.14529/build220104

FOR CITATION

Baiburin A.Kh., Vorobev S.A., Baiburin D.A., Zagorlko M.S. Testing of Fasteners for Suspended Ceiling Systems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022, vol. 22, no. 1, pp. 33–44. (in Russ.). DOI: 10.14529/build220104