

А.П. ПУСТОВГАР¹, канд. техн. наук, Т.Н. СКВОРЦОВ², магистр,
С.В. НЕФЕДОВ¹, инженер, И.С. ИВАНОВА¹, магистр (ivanova1907@gmail.com)

¹ Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

² ООО «КНАУФ ГИПС» (143400, Московская обл., г. Красногорск ул. Центральная, 139)

Оценка влияния различных типов кромок на прочность стыков гипсовых строительных плит

Рассматривается влияние кромок типа «полукруглая и утоненная с лицевой стороны» (ПЛУК), «модифицированная утоненная с лицевой стороны» (УК Про) и «утоненная с лицевой стороны» (УК) на прочность стыков гипсовых строительных плит в различных вариантах исполнения стыка: с применением двух типов шпатлевок, а также без использования и с использованием армирующей ленты при шпатлевании. Разработаны и обоснованы методика и критерий оценки прочности стыков гипсовых строительных плит. Предложено основным критерием устойчивости зашпатлеванного стыкового соединения гипсовых строительных плит к трещинообразованию считать параметр «прогиб в момент образования первой трещины», значение которого должно составлять не менее 1 мм на 350 мм плиты. Установлено, что использование гипсовых строительных плит с кромкой ПЛУК позволяет получить стык с наиболее высокой прочностью, а применение армирующей ленты придает стыковому соединению повышенный запас прочности.

Ключевые слова: гипсовые строительные плиты, армирующие ленты, прочность стыкового соединения.

A.P. PUSTOVGAR¹, Candidate of Sciences (Engineering); T.N. SKVORTSOV², Master;
S.V. NEFEDOV¹, Engineer, I.S. IVANOVA¹, Master (ivanova1907@gmail.com)

¹ Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye shosse, 129337, Moscow, Russian Federation)

² ООО «KNAUF GYPSUM» (139, Tsentralnaya Street, 143400, Krasnogorsk, Moscow Oblast, Russian Federation)

Assessment of Impact of Various Types of Edges on Strength of Joints of Gypsum Building Slabs

The impact of edges of «semicircular and thinned from the face side» (PLUK), «modified and thinned from the face side» (UK Pro), and «thinned from the face side» types on the strength of joints of gypsum building slabs at different variants of joints execution – with the use of two types of putty as well as without use and with the use of reinforcing tape in the course of filling – are considered. Methods and criterion of the assessment of joints strength of gypsum building slabs have been developed and substantiated. It is proposed to consider the «deflection at the time of formation of the first crack» parameter, the value of which should be not less than 1 mm for 350 mm of the slab as a main criterion of resistance of the filled butt joint of gypsum building slabs to crack formation. It is established that the use of gypsum building slabs with the PLUK edge makes it possible to obtain the joint with the highest strength, and the use of the reinforcing tape gives an increased reserve of strength to the butt joint.

Keywords: gypsum building slabs, reinforcing tapes, butt joint strength.

В настоящее время при проведении отделочных работ широко применяются гипсовые строительные плиты (ГСП), являющиеся удобным материалом для облицовки стен, а также для создания межкомнатных перегородок и подвесных потолков [1, 2]. Помимо широких возможностей для создания оригинального дизайна, ГСП позволяют поддерживать благоприятный микроклимат в помещении, регулируя в нем влажность в условиях перепада температуры за счет особых свойств, характерных для гипса [3, 4].

Особую важность при монтаже конструкций из ГСП имеет область стыка. Устройство стыкового соединения ГСП в каркасно-обшивных конструкциях представляют собой заполнение специальными гипсовыми шпатлевками углубления, образованного за счет утончения кромок при продольном стыке и устройстве специальной фаски при торцевом стыке листов [5]. Для придания стыку дополнительной прочности обычно применяется армирующая лента. В качестве армирующих лент наиболее часто используют бумажные ленты [6].

Устойчивость каркасно-обшивных конструкций к различного рода воздействиям и нагрузкам обеспечивается совместной работой каркаса и обшивки из ГСП. При этом шов, образованный ГСП, не должен снижать прочность конструкции и должен обеспечивать требуемую ее звукоизоляцию и огнестойкость [7, 8, 9]. Поэтому прочность стыка имеет большое значение для обеспечения прочности каркасно-обшивных конструкций с применением ГСП.

В настоящее время не существует стандартизированной методики оценки прочности стыков ГСП, а также не определены критерии оценки прочности и их допустимые значения, что препятствует проведению объективных исследований по данному вопросу.

В статье предложены и обоснованы методика и критерии оценки прочности стыков ГСП, а также приведены результаты изучения влияния кромок типа «полукруглая и утоненная с лицевой стороны» (ПЛУК), «модифицированная утоненная с лицевой стороны» (УК Про) и «утоненная с лицевой стороны» (УК) на прочность стыков ГСП в различных вариантах исполнения стыка.

Для проведения исследования применялись ГСП с тремя различными типами кромок: ПЛУК, УК Про и УК.

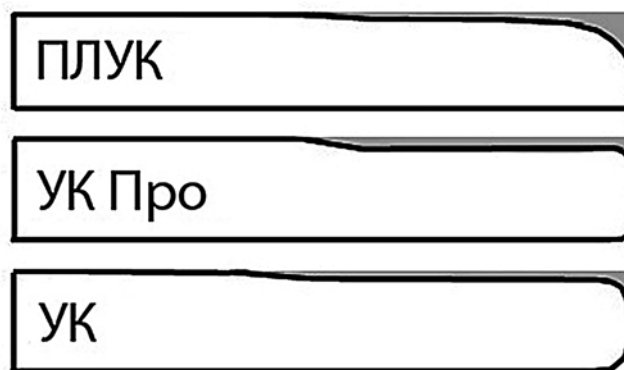


Рис. 1. Форма кромок исследуемых ГСП



Рис. 2. Прогиб ГСП в ограждающей конструкции

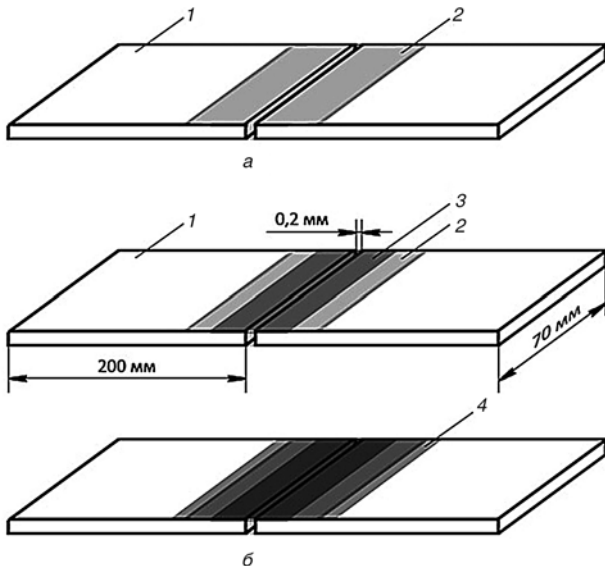


Рис. 3. Образец для определения прочности стыка ГСП: *a* – образец без армирующей ленты; *b* – образец с армирующей лентой; 1 – образец ГСП; 2 – основной слой шпатлевки, заполняющий стык ГСП; 3 – армирующая лента поверх шва; 4 – верхний слой шпатлевки, нанесенный поверх армирующей ленты

Форма кромок исследуемых ГСП приведена на рис. 1. Серым цветом отмечены области, которые заполняются шпатлевкой после обработки стыка.

Для обработки стыков применялись два типа гипсовых шпатлевок:

- шпатлевка № 1, рекомендуемая производителем для заделки стыков ГСП с кромками ПЛУК и УК с использованием армирующей ленты;
- шпатлевка № 2, рекомендуемая производителем для заделки стыков ГСП с кромкой УК с использованием армирующей ленты и с кромкой ПЛУК с применением или без применения армирующей ленты.

В исследовании использовалась бумажная армирующая лента шириной 50 мм, изготовленная из белой перфорированной бумаги с армирующими синтетическими волокнами.

Анализ российской (СП 55-101-2000) и европейской (DIN 18183-1-2009) нормативно-технической документации по ГСП и каркасно-обшивным конструкциям на их основе показал, что к конструкциям и обшивке как ее составной части предъявляются требования к допускаемым прогибам, которые не должны быть более $h/350$, т. е. максимально допустимый прогиб составляет 2,9 мм на 1000 мм обшивки (или 1 мм на 350 мм обшивки).

Вследствие этого за основной критерий оценки прочности стыкового соединения ГСП, обработанного шпатлевкой, взято отсутствие трещин при прогибе ≤ 1 мм на 350 мм. Значение прогиба в момент образования первой трещины определяют по диаграмме деформации, регистрируемой при испытании стыка ГСП на трехточечный изгиб.

При проведении испытания на трехточечный изгиб определяют прогиб в сторону лицевой части стыка, что соответствует направлению действия изгибающей нагрузки на ГСП в реальных конструкциях (рис. 2).

Следует отметить, что помимо воздействия изгибающей нагрузки на конструкцию возможны другие причины образования трещин в стыках ГСП. К ним можно отнести температурные и влажностные деформации, а также продолжительные динамические нагрузки и вибрации, возникающие из-за нарушения технологии устройства или эксплуатации конструкций. В настоящем исследовании они не рассматриваются.

Для сравнения влияния различных типов кромок на прочность стыков ГСП определяют их следующие параметры:

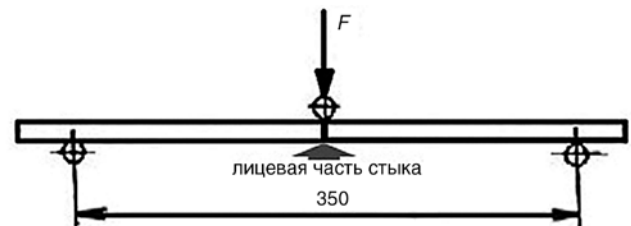


Рис. 4. Схема испытания образцов на прочность при изгибе при постоянном пролете



Рис. 5. Варианты расположения точек излома на диаграмме деформации

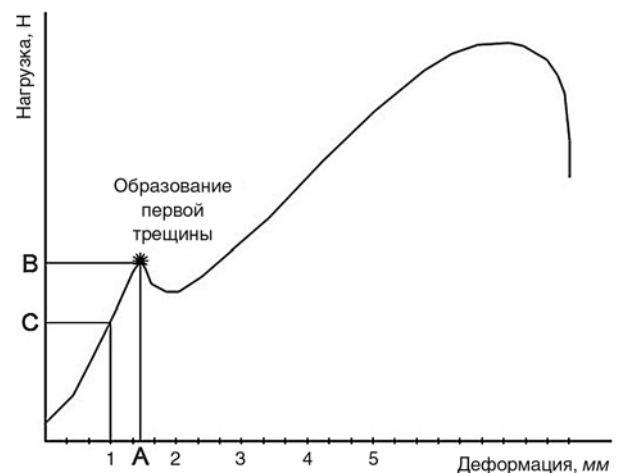


Рис. 6. Определение параметров прочности стыка ГСП по диаграмме деформации: А – прогиб в момент образования первой трещины; В – нагрузка в момент образования первой трещины; С – нагрузка при прогибе 1 мм

- прогиб в момент образования первой трещины;
- нагрузка в момент образования первой трещины;
- нагрузка при прогибе 1 мм.

При проведении испытаний использованы следующие приборы и инструменты: металлическая линейка ГОСТ 427-75; металлическая пластина толщиной $0,2 \pm 0,05$ мм; две гантели массой $5 \pm 0,1$ кг; лабораторные весы ГОСТ 24104-2001; мерный цилиндр ГОСТ 1770-74; лабораторный смеситель ГОСТ 30744-2001; секундомер; металлический шпатель шириной 150 мм; климатическая камера или помещение для хранения образцов при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности $55 \pm 5\%$; испытательная машина для определения прочности при трехточечном изгибе, обеспечивающая возможность приложения нагрузки по схеме, приведенной на рис. 3, со скоростью нарастания нагрузки 2 мм/мин и имеющая прибор, позволяющий измерять деформацию (прогиб) образца с точностью не менее 0,1 мм.

Из ГСП вырезаны поперечные образцы длиной 200 ± 1 мм и шириной 70 ± 1 мм. Все образцы должны содержать кромку.

Для заделывания стыков полученные образцы помещают на стол и совмещают кромками, оставляя между ними зазор шириной $0,2 \pm 0,05$ мм, формируемый при помощи металлической пластины соответствующей толщины. Во избежание смещения образцов в процессе шпатлевания их нагружают гантелями весом $5 \pm 0,1$ кг.

Приготовление шпатлевки осуществляют в лабораторном смесителе в следующей последовательности: воду в объеме, указанном в маркировке сухой смеси для

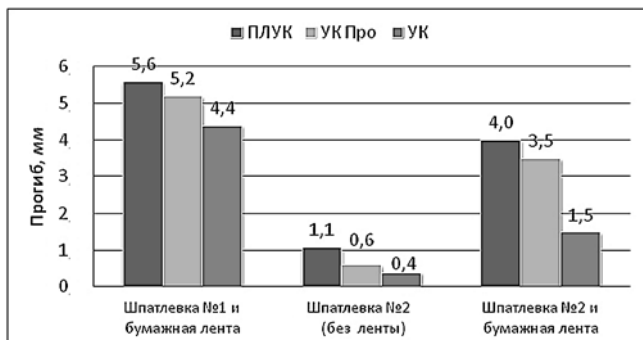


Рис. 7. Прогиб в момент образования первой трещины

получения растворной смеси требуемой подвижности, выливают в чашу смесителя, предварительно протертую влажной тканью. Перемешивание производится в течение 120 с. Затем смеситель останавливается для снятия налипшей на стенки смеси (90 с). Перемешивание продолжается еще в течение 60 с. Общее время перемешивания смеси с момента затворения водой должно быть не менее 3 мин без учета времени остановки смесителя.

Шпатлевание стыков осуществляют в помещении с постоянными температурно-влажностными условиями при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности $55 \pm 5\%$.

При шпатлевании стыка без использования армирующей ленты стык заполняют шпатлевкой, после чего выравнивают ее вдоль линии стыка с помощью шпателя, перекрывающего всю область стыка.

При шпатлевании стыка с применением армирующей ленты стык заполняют шпатлевкой, выравнивают ее вдоль линии стыка с помощью шпателя, перекрывающего всю область стыка, укладывают армирующую ленту и прижимают к слою шпатлевки широким шпателем, после чего наносят накрывочный слой шпатлевки. Схема образца приведена на рис. 3.

Для каждого испытания изготавливают серию из трех образцов. Перед испытанием образцы хранят в течение 7 сут со дня изготовления в помещении с постоянными температурно-влажностными условиями при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности $55 \pm 5\%$.

Образец помещают на нижние опоры лицевой (зашпатлеванной) стороной вниз так, чтобы стык приходился на середину пролета испытательной машины (рис. 4). Расстояние между нижними опорами составляет 350 мм.

Опоры и деталь, передающая нагрузку, в месте соприкосновения с образцом должны иметь цилиндрическую форму радиусом от 5 до 10 мм; длина опор и детали должна быть не менее ширины образца.

Испытание образцов на изгиб производят согласно следующим параметрам: преднагрузка 1 Н; скорость преднагрузки 10 мм/мин; скорость нагрузки при проведении испытания 2 мм/мин.

Образец нагружают до разрушения стыка, при этом записывают график зависимости нагрузки от деформации (диаграмму деформации).

По полученной диаграмме деформации определяют параметры прочности стыка ГСП. При этом за момент образования первой трещины принимают первую точку излома на диаграмме деформации (рис. 5 и 6).

За прогиб стыка ГСП в момент образования первой трещины, нагрузку в момент образования первой трещины и нагрузку при прогибе 1 мм принимают среднее арифметическое значение результатов испытаний шести образцов. Результат вычисления округляют до 0,1 мм для прогиба и до 1 Н для нагрузки.

Результаты испытания, отличающиеся от среднеарифметического значения более чем на 20%, следует исключить и рассчитать среднеарифметическое значение для оставшихся результатов. Если число оставшихся результатов составляет менее трех, то испытания

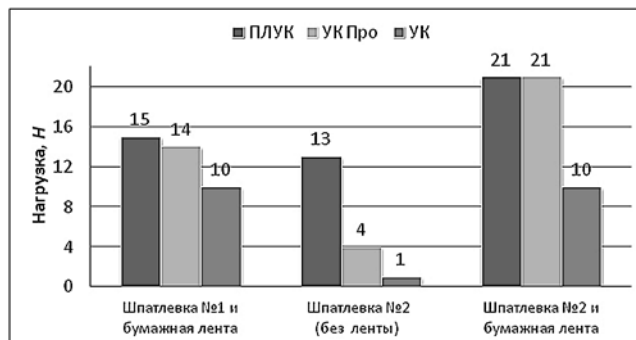


Рис. 8. Нагрузка в момент образования первой трещины

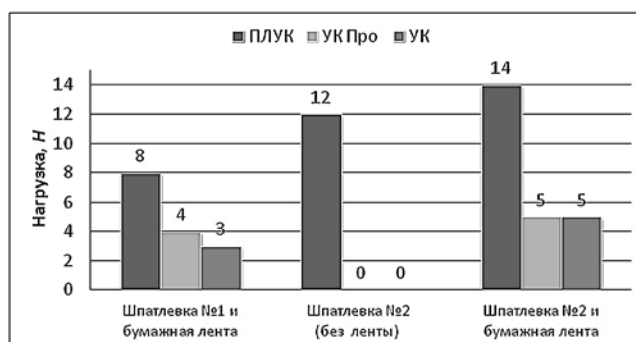


Рис. 9. Нагрузка при прогибе 1 мм

считаются выполненными неудовлетворительно, а их результаты – недействительными.

Считается, что испытуемый стык ГСП прошел испытание, если значение прогиба образца в момент образования первой трещины составляет более 1 мм.

Полученные результаты приведены на рис. 7–9.

Прогиб в момент образования первой трещины является основным параметром оценки прочности стыков ГСП. Согласно предлагаемой методике его значение должно превышать 1 мм, и чем оно выше, тем более устойчив стык к трещинообразованию. По полученным данным прогиб всех стыков, обработанных с применением бумажной армирующей ленты, соответствует требуемому значению. Без армирующей ленты требуемой прочности стыка можно добиться только при условии использования ГСП с кромкой ПЛУК. Следует отметить выраженную тенденцию к изменению значения прогиба в момент образования первой трещины в зависимости от типа кромки ГСП. Оно снижается в следующей последовательности: ПЛУК > УК Про > УК. Разница в значениях прогиба для различного типа кромок объясняется характером заполнения и распределения шпатлевки по сечению стыка (рис. 1), что сказывается на его сопротивлении трещинообразованию: чем больший объем стыка ГСП заполнен шпатлевкой, тем выше его трещиностойкость. Также можно отметить, что прогиб стыков, зашпатлеванных с применением шпатлевки № 1, выше, чем при использовании шпатлевки № 2, что можно объяснить более низкой эластичностью шпатлевки № 2.

Параметр «нагрузка в момент образования первой трещины» показывает величину силы, воздействие которой на стык ГСП приводит к появлению первого визуального дефекта на его поверхности. Более высокое значение данного параметра соответствует более прочному стыку. По полученным данным, тип кромки ГСП оказывает значительное влияние на прочность стыка. При шпатлевании стыка с применением бумажной ленты значения нагрузки в момент образования первой трещины для стыков ГСП с кромками ПЛУК и УК Про сопоставимы и превышают значение аналогичного параметра для стыка ГСП с кромкой УК. При шпатлева-

нии стыка без применения бумажной ленты значение нагрузки в момент образования первой трещины в зависимости от типа кромки ГСП снижается в следующей последовательности: ПЛУК > УК Про > УК.

Параметр «нагрузка при прогибе 1 мм» показывает величину силы, действующей на стык ГСП при создании в нем максимально допустимого прогиба, равного 1 мм на 350 мм конструкции. Большее значение данного параметра соответствует более прочному стыку. По полученным данным, максимальными значениями нагрузки при прогибе 1 мм обладают стыки ГСП с кромкой ПЛУК, значения аналогичного параметра для стыков ГСП с кромками УК Про и УК сопоставимы и в 2–2,8 раза ниже, чем с ПЛУК. Для стыков ГСП с кромками УК Про и УК, заделанных без применения армирующей ленты, значение нагрузки при прогибе 1 мм равно нулю.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы и дать рекомендации:

1. В качестве основного критерия оценки стойкости зашпатлеванного стыкового соединения гипсокартонных листов к трещинообразованию целесообразно принимать значение прогиба в момент образования первой трещины. По результатам экспериментальных исследований установлено минимально допустимое значение прогиба, равное 1 мм для стыкового соединения гипсокартонных листов (образец длиной 350 мм), при котором не допускается образование трещин на поверхности стыка.

2. Использование армирующей ленты обеспечивает минимально допустимое значение прогиба, равное 1 мм, до момента образования первой трещины, для всех стыков ГСП с различными типами кромок и видами шпатлевок. Различие в значениях прогиба при применении различных типов кромок связано с разной площадью адгезионной поверхности в области стыка и характером заполнения и распределения шпатлевки по сечению стыка, что влияет на стойкость зашпатлеванного стыкового соединения гипсокартонных листов к трещинообразованию.

3. Требуемое значение нормативного показателя стойкости к трещинообразованию без армирующей ленты обеспечивается только в комбинации кромка ПЛУК + шпатлевка № 2. ГСП с другими кромками и шпатлевками без армирующей ленты применять не рекомендуется.

4. Экспериментальные исследования проводились в стандартных температурно-влажностных условиях (при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажности $55 \pm 5\%$). При изменении температурно-влажностного режима в условиях строительной площадки значение

минимального прогиба до момента образования первой трещины может существенно отличаться от значений, полученных в нормальных условиях. При этом стыки ГСП с большим превышением минимально допустимого значения прогиба до момента образования первой трещины в нормальных условиях будут обеспечивать более высокую стойкость к трещинообразованию при изменении температурно-влажностного режима.

Список литературы / References

1. Пустовгар А.П. Опыт применения гипсовых вяжущих при возведении зданий // *Строительные материалы*. 2008. № 3. С. 81–85.
1. Pustovgar A.P. Experience in application of gypsum binders in construction. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 3, pp. 81–85. (In Russian).
2. Karni J., Karni E. Gypsum in construction: origin and properties. *Materials and Structures*. 1995. Vol. 28, pp. 92–100.
3. Holcroft N., Shea A. Heat of Sorption and Moisture Buffering Properties of Building Insulation Materials. *InCIEC 2013 International Civil and Infrastructure Engineering Conference*. Kuching, Malaysia. 2014, pp. 649–661.
4. Пустовгар А.П., Гагулаев А.В. Теплофизические характеристики ограждающих конструкций из модифицированного гипсопоробетона // *Строительные материалы*. 2008. № 8. С. 34–37.
4. Pustovgar A.P., Gagulaev A.V. Thermophysical parameters of enclosing structures with modified foam gypsum concrete. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 8, pp. 34–37. (In Russian).
5. Gypsum Association 2015. Using Gypsum Board for Walls and Ceilings. <http://www.gypsum.org/technical/using-gypsum-board-for-walls-and-ceilings/using-gypsum-board-for-walls-and-ceilings> (date of access 27.04.2015).
6. Burgard D. What's the Difference: Paper and Fiberglass Mesh Drywall Tape. *Fine Homebuilding*. 2012. Issue 232, pp. 36.
7. Arsenault P.J. Acoustical Control with Gypsum Board // Architectural Record's Continuing Education Centre. 2012. <http://continuingeducation.construction.com/article.php?L=140&C=958> (date of access 27.04.2015).
8. Kolarkar P., Mahendran M. Experimental studies of gypsum plasterboards and composite panels under fire conditions. *Fire and Materials*. 2014. Vol. 38, pp. 13–35.
9. Frangi A., Schleifer V., Fontana M., Hugi E. Experimental and numerical analysis of gypsum plasterboards in fire. *Fire Technology*. 2010. Vol. 46, pp. 149–167.

Оставайтесь
с нами!

Уважаемые коллеги!

Оформить подписку на журнал «Строительные материалы» можно всегда.

Для подписки через редакцию необходимо прислать заявку в произвольной форме по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36 или по эл. почте: mail@rifsm.ru. В заявке надо указать название организации (для выставления счета), юридический и почтовый адреса, телефон и контактное лицо.

На почте подписку можно оформить

По объединенному каталогу «Пресса России» индекс **70886**

По каталогу агентства «Роспечать» индекс **79809**