

## Оценка несущей способности армированных перемычек из газобетонных блоков по результатам натурных испытаний

*А.В. Белов, Я.Ю. Захарова, Н.Д. Смирнова, А.В. Туптин, Д.Т. Арчвава*

*Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск*

**Аннотация:** В статье представлены результаты лабораторного испытания сборной перемычки из газобетонных блоков марки D600, скрепленных между собой при помощи монтажного клея для укладки блоков из пористого бетона и трех арматурных стержней, два стержня в нижней зоне диаметром 20 мм А400 и один стержень в верхней зоне диаметром 16 мм А400. При испытании балочной перемычки было собрано 3 схемы загрузки, каждая из которых представляла собой шарнирно опертую на бетонные опоры балку. Выполнен анализ полученных данных. По результатам испытаний определены разрушающие нагрузки, характер разрушения и произведена оценка возникающих деформаций. На основании натурных испытаний был сделан вывод о возможности использования рассмотренного в статье варианта конструкции перемычки для строительства зданий и сооружений из штучных кладочных материалов.

**Ключевые слова:** испытание, несущая способность, надежность, деформативность, газоблоки, перемычки, разрушение.

Газобетонные блоки, один из самых распространённых материалов заполнения стенового ограждения в последнее время в России и мире [1, 2]. Газобетон получил своё широкое распространение благодаря своим физико-механическим характеристикам, а именно высокой теплоизоляционной способности, огнеупорности, легкости и сравнительно низкой стоимости [3, 4].

История создания газобетона начинается в 1889 году Гоффманом в Чехии, когда он добавляя к цементным и гипсовым растворам кислоты и соли, при химической реакции выделения газа получил пористую структуру у затвердевших растворов. Впоследствии, технология производства газобетона развивалась и улучшалась, что привело к разделению на две основные области. Первое, это использование для производства отходов промышленности и вторая, разработка технологических параметров изготовления ячеистобетонных изделий [5].

На сегодняшний момент изучение и улучшение характеристик газобетона и изделий из него остаются приоритетными задачами исследований. Контроль качества газобетонных изделий имеет ключевое значение, так как любые дефекты или нарушения технологического процесса могут негативно повлиять на механические свойства и безопасность конструкций, используемых в строительстве [6, 7].

Несмотря на накопленный опыт исследований свойств газобетона, практическое использование результатов лабораторных экспериментов требует обязательного подтверждения на реальных объектах [8-10]. Именно поэтому оценка несущей способности армированных перемычек из газобетонных блоков на основании натуральных испытаний становится актуальной задачей, позволяющей существенно расширить область безопасного применения газобетона в строительстве.

### **Описание испытываемой конструкции**

Балочная перемычка сборной конструкции с габаритными размерами тип 1 – 2600x200x300(h) и тип 2 – 2800x200x300(h). Испытываемые образцы изготовлены из газобетонных блоков марки по плотности D600 длиной 400 и 600 мм, скрепленные между собой при помощи монтажного клея для укладки блоков из пористого бетона и трех арматурных стержней. Перед соединением блоков в единую конструкцию, места соединений обеспыливаются и обильно смачиваются водой для повышения прочности сцепления. Стержни клеиваются в заранее подготовленные пазы, расположенные в верхней и нижней зонах. В нижней зоне выполнено два паза и размещена арматура  $\varnothing 20$  A400, в верхней один паз и уложена арматура  $\varnothing 16$  A400, пазы заполнены тем же раствором, которым происходит скрепление блоков в единую конструкцию перемычки. Конструктивное решение перемычки приведено на рис. 1.

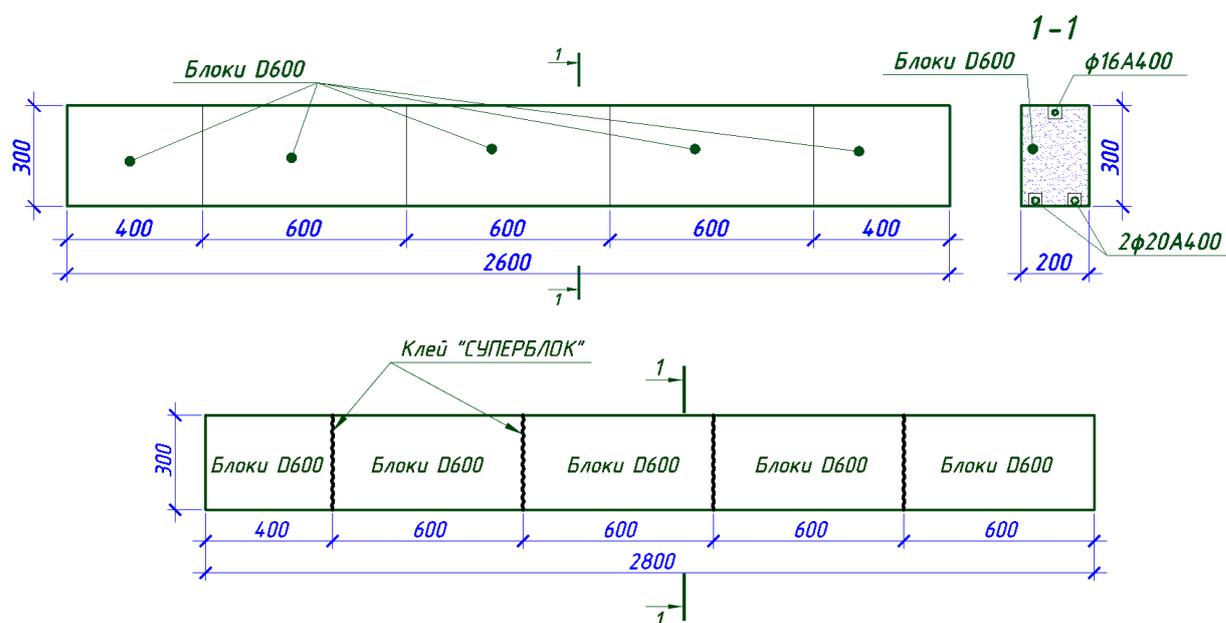


Рис. 1. – Конструктивное решение перемычки (тип 1 и 2 соответственно)

### Методика и результаты испытания перемычки

Для исследования работы балочной конструкции под воздействием моделируемой нагрузки и определения фактической разрушающей силы был собран экспериментальный стенд. Испытание образцов исследуемых перемычек проводилось по трем схемам, каждая из которых представляла собой шарнирно опертую на бетонные опоры балку. Для оценки возникающих прогибов в середине конструкции установлен прогибомер Аистова с точностью измерения 0,01 мм, на опорах индикаторы часового типа.

Схема 1. Испытание перемычки (тип 1) осуществлялось в вертикальном рабочем положении по балочной схеме с равномерно-распределенной нагрузкой, приложенной к верхней части испытываемого образца. Нагрузка прикладывалась поэтапно штучными тарированными грузами по 20 кг. На каждом этапе осуществлялась выдержка. Схема испытания перемычки с этапами загрузки представлена на рис. 2.

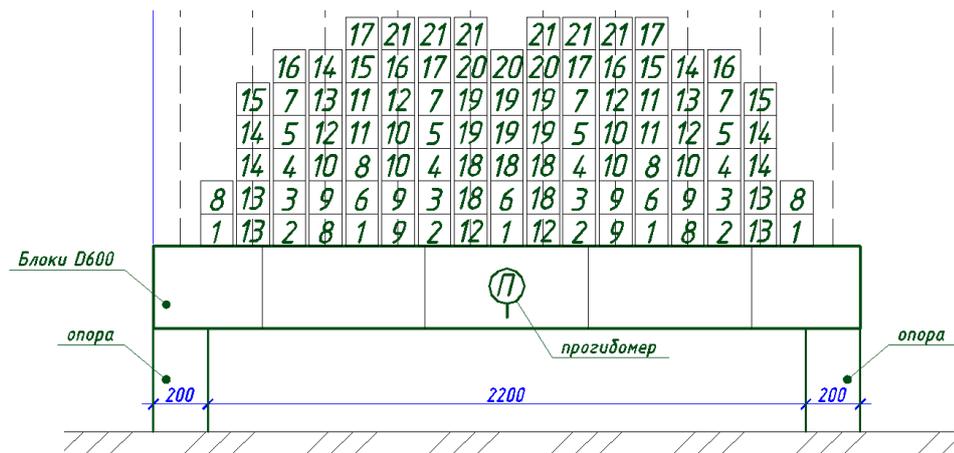


Рис. 2. – Схема испытания перемычки тип 1 (схема 1)

При нагрузке 1.88 т. произошло образование наклонной трещины на участке вблизи опоры, а при общей нагрузке 2 т. разрушение не произошло. За 21 этап было приложено 100 грузов (по 4-6 грузов за 1 этап).

Схема 2. Испытание перемычки (тип 2) осуществлялось в вертикальном рабочем положении по балочной схеме с приложением нагрузки по схеме чистого изгиба. Нагрузка прикладывалась поэтапно при помощи домкрата, для оценки её величины под домкрат был установлен электронный динамометр. Распределение осуществлялось через траверсу, выполненную из стального двутавра. Каждый этап испытания был приравнен к формированию нагрузки величиной 310 кг. На каждом этапе осуществлялась выдержка. Схема испытания перемычки представлена на рис. 3.

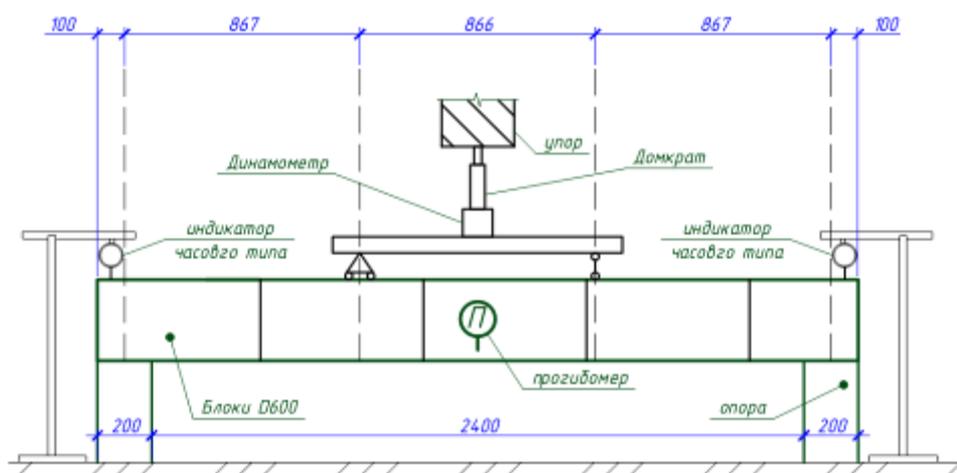


Рис. 3. – Схема испытания перемычки тип 2 (схема 2)

Всего было проведено 10 этапов, при нагрузке 3.1 т. произошло образование наклонных трещин на участках вблизи опор.

Схема 3. Испытание перемычки (тип 2), осуществлялось по той же схеме, что было представлено в схеме 2, но ориентация опытного образца на испытательном стенде была горизонтальная, а не вертикальная, что продемонстрировано на рис. 4. При таком расположении нагрузка прикладывалась также поэтапно, но величина одного этапа нагружения уже составляла 60 кг. Общее число этапов составило 10.

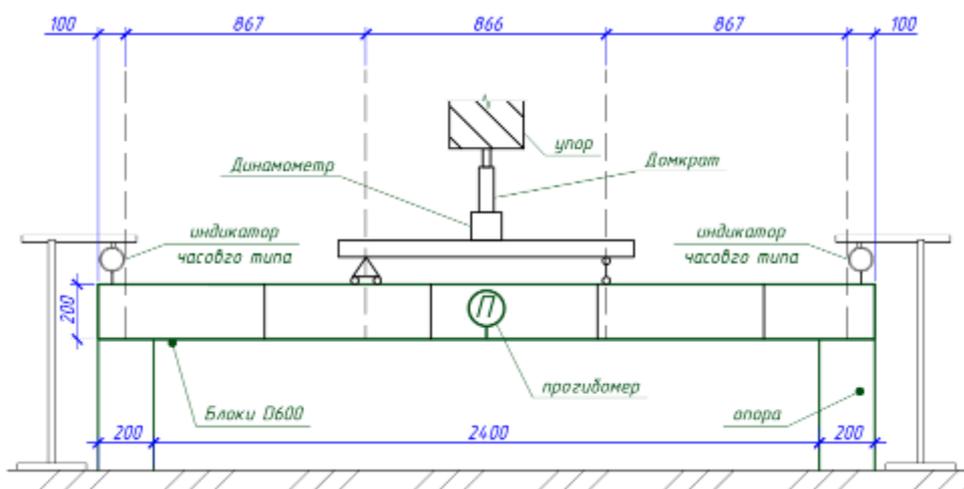


Рис. 4. – Схема испытания перемычки тип 2 (схема 3)

Разрушение образца началось с образования наклонной трещины на приопорном участке, максимальная нагрузка составила 600 кг.

Вертикальные перемещения, которые были получены при испытании схемы 1, представлены на рис. 5, при испытании схемы 2 и 3 на рис.6.

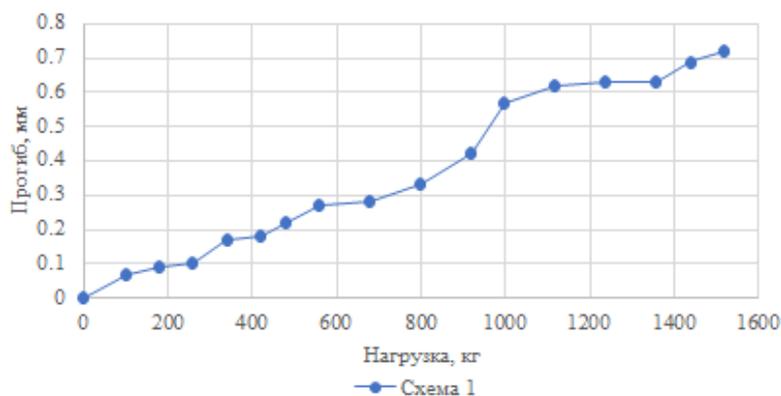


Рис. 5. – Деформации перемычки от нагрузки (схема 1)

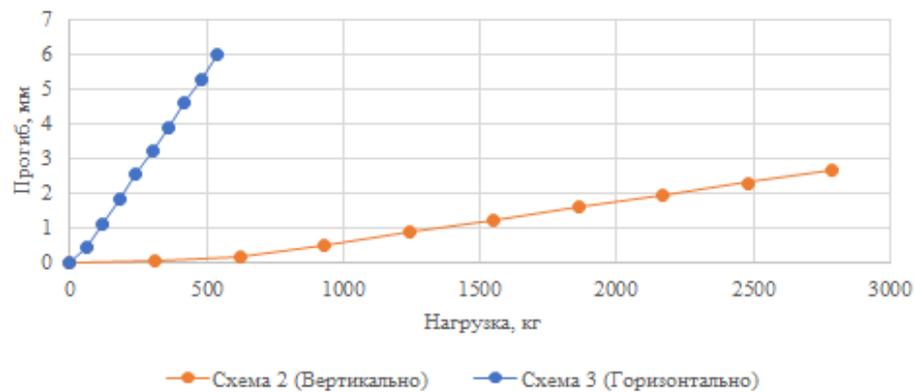


Рис. 6. – Деформации перемычки от нагрузки (схемы 2 и 3)

Натурные исследования газобетонных перемычек при всех схемах испытаний показали схожий характер работы конструкции под нагрузкой, больших деформаций зафиксировано не было, разрушение во всех трех случаях происходило от действия перерезывающей силы вблизи опоры, что характеризовалось образованием наклонных трещин, что представлено на рис. 7. В случае горизонтальной ориентации образца было зафиксировано снижение несущей способности, а также первые трещины при нагрузке 300 кг начали образовываться по шву паза со стороны одиночной арматуры  $\varnothing 16$ .



Рис. 7. – Разрушение газобетонной перемычки (Схемы 1, 2 и 3 соответственно)

## Выводы и заключение

По результатам выполненных испытаний перемычек из газобетонных блоков сделаны следующие выводы:

1. Перемычка в вертикальном рабочем положении выдерживает в 6,2 раза больше, чем в вертикальном;
2. По результатам испытаний перемычки (тип 1) при равномерной нагрузке несущая способность балки равна  $q=723,1$  кг/м;
3. По результатам испытаний перемычки (тип 2) в вертикальном рабочем положении несущая способность балки равна  $q=702,4$  кг/м. Разрушающая нагрузка  $q=1123,9$  кг/м. При испытании в горизонтальном рабочем положении – несущая способность  $q=140,5$  кг/м. Разрушающая нагрузка  $q=224,8$  кг/м;
4. Максимальный зафиксированный прогиб зафиксирован при испытании балки в горизонтальном рабочем положении – 5,99 мм;
5. Характер разрушения имеет схожий вид с железобетонными балочными конструкциями с недостаточным поперечным армированием, разрушение во всех испытанных опытных образцах происходит в приопорной зоне по наклонным сечениям;
6. Несущая способность газобетонных перемычек, выполненных из штучного материала, является достаточной для применения в строительной практике.

## Литература

1. Рыхленок Ю.А. Опыт применения ячеистого бетона в республике Беларусь // Жилищное строительство. 2013. №4. С. 34-36
2. Горшков А.С., Ватин Н.И. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клею // Magazine of Civil Engineering. 2013. №5. С. 5-19

3. Lei M., Liu Zh., Wang F. Review of lightweight cellular concrete: Towards low-carbon, high-performance and sustainable development // Construction and Building Materials. 2024. Vol. 429. p. 136324

4. Bhosale A., Zade N. P., Sarkar P., Davis R. Mechanical and physical properties of cellular lightweight concrete block masonry // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 248. p. 118621

5. Оглоблин М.И., Невский В.А. История развития газобетона // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2099

6. Liu X., Qian X., Pu Sh., Sheng K., Sun D., Hong B. Methods for testing the quality of lightweight cellular concrete during pouring // Construction and Building Materials. 2022. Vol. 315. p. 125755

7. Bhosale A., Zade N. P., Davis R., Sarkar P. Experimental Investigation of Autoclaved Aerated Concrete Masonry // Journal of Materials in Civil Engineering. 2019. Vol.31. No. 7. URL: [researchgate.net/publication/379429306\\_Experimental\\_investigation\\_on\\_the\\_deterioration\\_of\\_the\\_physical\\_and\\_mechanical\\_properties\\_of\\_autoclaved\\_aerated\\_concrete\\_at\\_elev](https://researchgate.net/publication/379429306_Experimental_investigation_on_the_deterioration_of_the_physical_and_mechanical_properties_of_autoclaved_aerated_concrete_at_elev)

8. Польской П.П., Михуб Ахмад, Георгиев С.В. Методики усиления композитными материалами и испытания железобетонных элементов // Инженерный вестник Дона. 2013. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1687

9. Сулейманова Л.А., Крючков А.А., Хаттаб Салим Абдул-Раззак, Обайди Адхам Абдулсаттар Хамид. Поведение газобетонных перемычек из микрокремнезема различного соотношения при одно- и двухточечных нагрузках с поверхностным армированием // Инновации и инвестиции. 2022. №4. С. 263-269.



10. Лободенко Е. А., Синянский И. А., Орлов Е. В. Исследование свойств ячеистобетонных перемычек, армированных композитной арматурой из армирующего волокна, для малоэтажных зданий // Системные технологии. 2019. №30. С. 52-56

### References

1. Ryhlenok Ju.A. Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2013. №4. pp. 34-36
2. Gorshkov A.S., Vatin N.I. Magazine of Civil Engineering. 2013. №5. pp. 5-19
3. Lei M., Liu Zh., Wang F. Construction and Building Materials. 2024. Vol. 429. p. 136324
4. Bhosale A., Zade N. P., Sarkar P., Davis R. Construction and Building Materials. 2020. Vol. 248. p. 118621
5. Ogloblin M.I., Nevskij V.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2099](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2099)
6. Liu X., Qian X., Pu Sh., Sheng K., Sun D., Hong B. Construction and Building Materials. 2022. Vol. 315. p. 125755
7. Bhosale A., Zade N. P., Davis R., Sarkar P. Journal of Materials in Civil Engineering. 2019. Vol.31. No. 7. URL: [researchgate.net/publication/379429306\\_Experimental\\_investigation\\_on\\_the\\_deterioration\\_of\\_the\\_physical\\_and\\_mechanical\\_properties\\_of\\_autoclaved\\_aerated\\_concrete\\_at\\_elev](https://researchgate.net/publication/379429306_Experimental_investigation_on_the_deterioration_of_the_physical_and_mechanical_properties_of_autoclaved_aerated_concrete_at_elev)
8. Pol'skoj P.P., Mihub Ahmad, Georgiev S.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1687](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1687)
9. Sulejmanova L.A., Krjuchkov A.A., Hattab Salim Abdul-Razzak, Obajdi Adham Abdulsattar Hamid. Innovacii i investicii. 2022. №4. pp. 263-269.
10. Lobodenko E. A., Sinjanskij I. A., Orlov E. V. Sistemnye tehnologii. 2019. №30. pp. 52-56.

**Дата поступления: 15.07.2025**

**Дата публикации: 25.08.2025**