



УДК 692.92

Салахова Алсу Рамисовна

инженер

E-mail: alsu.salakhova26@mail.ru

Евстигнеева Юлия Вячеславовна

инженер

E-mail: uliyaevstigneeva@mail.ru

ООО «ВМ-СТРОЙ»

Адрес организации: 420021, Россия, г. Казань, ул. Габдуллы Тукая, д. 130

Ибрагимов Руслан Абдирашитович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технология возведения колонн с применением несъемной опалубки

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – решение проблемы по повышению эффективности применения несъемной опалубки колонн путем выбора наиболее подходящего материала.

Результаты. С помощью расчета в программном комплексе Лира САПР разработана модель несъемной опалубки колонны из стекломгнезитового листа и выполнено конструирование опалубки. Разработана технологическая карта на монтаж несъемной опалубки и на бетонирование колонны с определением необходимого количества и видов работ, а также с определением трудоемкости.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности повышения эффективности применения несъемной опалубки из стекломгнезитового листа для круглых колонн. Применение несъемной опалубки из стекломгнезитового листа для круглых монолитных колонн позволяет снизить трудозатраты на их возведение и повысить огнестойкость конструкции. Путем моделирования и расчетов колонны установлено, что колонна из несъемной опалубки должна иметь следующие параметры: высота колонны – 3 м, диаметр – 500 мм, толщина стекломгнезитового листа – 10 мм, хомут из трубы $h=100$ мм, $d=530 \times 10$ мм с шагом 1 м.

Ключевые слова: несъемная опалубка, стекломгнезитовый лист, колонна, монолит, материал.

Введение

На сегодняшний день одной из актуальных проблем в строительстве является продолжительность возведения зданий и сооружений с целью ускорения возведения объекта строительства с высоким качеством работ. В настоящее время, несмотря на экономический кризис, во многих странах также продолжается активное строительство зданий и сооружений. Для увеличения скорости строительства и снижения затрат, применяются инновации в строительстве. Все чаще используются новые конструкционные и отделочные материалы, все больше разрабатываются новые эффективные технологии строительства, автоматизируется инженерное оборудование и работа. Применение несъемной опалубки является одним из способов сокращения времени строительства зданий и сооружений, а также упрощения процесса строительства. Несъемная опалубка – это инновация в строительстве, которая обеспечивает скорость возведения конструкций, их прочность и архитектурную выразительность [1-7].

В соответствии с ГОСТ 34329-2017 несъемная опалубка – опалубка, состоящая из щитов (панелей, блоков, пластик), остающихся после бетонирования в конструкции, и инвентарных поддерживающих элементов. Как правило, абсолютное большинство типов несъемной опалубки не включается в расчетное сечение конструкции.

Однако, несмотря на такой большой выбор и широкое применение несъемной опалубки в строительстве, остаются недостаточно изученными возможности использования несъемной опалубки колонн. Цель данной работы – разработка и повышение эффективности применения несъемной опалубки для круглых колонн.

Статистика развития монолитного строительства

Эффективность и скорость монолитного строительства, зависит от опалубочных систем и их совершенствования. На современном этапе развития монолитного строительства опалубочные системы – это системы, требующие качественного технического сопровождения и программного обеспечения.

Новый подход в монолитном строительстве, а также выбор и обоснование методов технологии и организации строительства необходимы для развития строительной отрасли, качественного обеспечения зданий и сооружений различного функционального назначения и для прорыва в совершенствовании новых опалубочных систем, научного подхода к их выбору и обоснованию. Индивидуальность, повышенное качество, архитектурная выразительность, прочность, долговечность, надежность зданий и сооружений, уменьшение материальных, трудовых, энергетических затрат на возведение зданий и сооружений сделали монолитное строительство одним из самых высокотехнологичных видов строительства.

В качестве подтверждения выдвинутого тезиса проанализирована доля монолитного бетона и железобетона в общем объеме бетонных конструкций, производимых в различных странах мира. Полученные данные очень противоречивы и не показывают действительную динамику и развитие монолитного строительства [8-9].

Доля возведения конструктивных частей зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона в ряде стран представлена в табл. 1. Статистика выявлена на основании исследований [10-11].

Таблица 1

Доля монолитного бетона и железобетона от общего объема бетонных конструкций в ряде стран

Россия, %	Польша, %	Испания, %	Израиль, %	Турция, %	США, %	Япония, %	Франция, %	Италия, %	Германия, %	Финляндия, %	Великобритания, %
60	56	54	95	89,4	72,6	71,9	70,7	68	67,7	65,9	62,9

Выбор применяемого материала опалубки колонн

Несъемную опалубку классифицируют по множеству различных признаков. Однако в настоящее время не существует универсальной классификации несъемной опалубки. Это в основном связано с тем, что скорость внедрения новых опалубочных систем намного уступает скорости разработки новшеств в этой области: по прогнозам научных знаний – примерно в 4-5 раз.

Различают несколько видов несъемной опалубки для создания несущих конструкций:

- блоки из вспененного полистирола с пустотами;
- облицовочная несъемная опалубка;
- несъемная опалубка по технологии PLASTBAU-3;
- армированные панели;
- деревобетонные панели или блоки.

Несмотря на большой выбор и их широкое применение, все вышеперечисленные виды несъемных опалубок в основном применяются для стеновых конструкций.

Установлено, что малоизученными остаются вопросы применения несъемной опалубки для колонн [12-14].

В процессе изучения материалов опалубки, их свойств и характеристик, принято решение рассмотреть опалубку круглых колонн из стекломгнезитового листа (СМЛ) (рис. 1). Стекломагнезит имеет множество преимуществ, но особенно стоит выделить высокую огнестойкость данного материала. При толщине листа 6 мм СМЛ способен выдерживать нагрев до 1200 °С в течение 2-х часов. Отделка колонны в несъемной опалубке из стекломгнезита не требует больших трудозатрат [5]. Еще одной из основных характеристик СМЛ является гибкость материала. СМЛ легко сгибается и при этом не ломается и не трескается. Это происходит из-за армирующей сетки, которая не даёт листу ломаться, так же как и арматура в бетоне принимает на себя растягивающие силы. Данное свойство СМЛ позволяет легко монтировать его при выполнении сложных фигурных работ. Также возможность повреждения СМЛ при транспортировке на объект сводится к нулю.

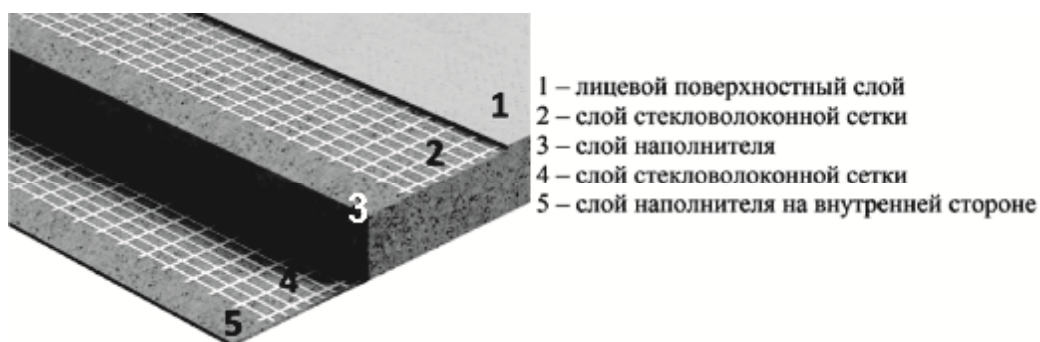


Рис. 1. Состав стекломгнезитового листа (<https://relend.ru/>)

Стекломагнезит – материал, который состоит из металлического термопрофиля и стекломгнезитового полотна. Данный материал получил известность совсем недавно и в России еще массово не применяется.

Стекломагнезитовый лист – это листовой отделочный материал на основе магнезиального вяжущего. Он состоит из каустического магнезита, хлорида магния, вспученного перлита и стеклоткани, которая выступает в качестве армирующего материала. В производстве СМЛ может также применяться нетканый материал из синтетических волокон. Огнестойкость и огнеупорность – основные показатели к назначению в строительстве данного материала. Преимущество перед классическим цементом и материалами на гипсовой основе дает солевое затворение цемента Сореля [6].

Технические характеристики стекломгнезитового листа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технические характеристики стекломгнезитового листа

Плотность, кг/м ³	Группа горючести	Естественная влажность, %	Прочность на изгиб в сухом состоянии, МПа	Водопоглощение по массе, %	Усадка при высыхании, %	Теплопроводность, Вт/м°С	Морозоустойчивость, циклы	Ударная простота, кДж/к.кв
750-1200	НГ	9-11	6-20	20-40	< 0,3	0,2-0,5	20-50	1,5-3,5

Расчет и моделирование несъемной опалубки из стекломагнезитового листа для круглой колонны

В СП 371.1325800.2017 «Опалубка. Правила проектирования» отсутствуют сведения о проектировании и расчете несъемной опалубки. В связи с этим нами проведен собственный расчет опалубки из СМЛ, состоящий из следующих этапов:

1. Создается расчетная модель для численных и экспериментальных исследований стекломагнезита в составе монолитной железобетонной колонны диаметром 500 мм. Рассматривается высота колонны с опалубкой из стекломагнезита равная 3 м.

2. Предусматривается хомут из тубы высотой 100 мм, $d=530 \times 10$ мм. Шаг хомута для крепления несъемной опалубки по высоте равен 1000 мм.

3. Назначаются жесткости элементов расчетной схемы.

4. Для определения действующих усилий на стекломагнезит был выполнен расчет узла в ПК «Лира-САПР».

Исходные данные по материалу:

– шаг ячеек оболочки для расчетной схемы – 40×100 мм;

– размер листа – 1220×2440 мм;

– коэффициент Пуассона – 0,35;

– модуль упругости – 200000000 Н/м²;

– средняя плотность материала – $0,95$ г/см³;

– толщина материала – 8 мм, 10 мм, 20 мм;

– ударная прочность – 2,0 кДж.

Исходные данные для расчета узла:

1. Создается пространственная схема из 6, 8 узловых объемных конечных элементов (КЭ) для колонны и из плоских пластин – для опалубки.

2. Нагрузка от бетона во время подачи насосами 73 кг/м² (нагрузка прикладывается равномерно на поверхность пластины со стороны колонны).

3. Принят оптимальный шаг крепления опалубки к колонне исходя из размеров колонны. Шаг крепления 1000 мм по высоте.

4. В основании колонны на узлы наложены связи по осям X, Y, Z, UZ.

В результате расчета получены следующие данные:

– общий вид узла (рис. 2);

– изополю наибольших напряжений $M_x, M_y, M_{xy}, Q_x, Q_y, N_x, N_y, \tau_{xy}$;

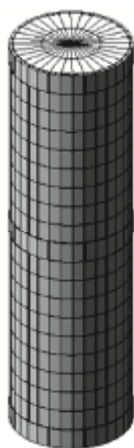


Рис. 2. Общий вид узла в ПК «Лира-САПР 2013» (R3) (иллюстрация авторов)

Для каждого пункта приводятся максимальные значения напряжений, соответствующие наиболее невыгодному сочетанию нагружения для узла.

По полученным результатам расчета определено, что наиболее приемлемая толщина стекломагнезита для использования в виде опалубки – 10 мм. Результаты расчета представлены в виде зависимости толщины несъемной опалубки из стекломагнезита от шага хомута для крепления опалубки и диаметра колонны (рис. 3).

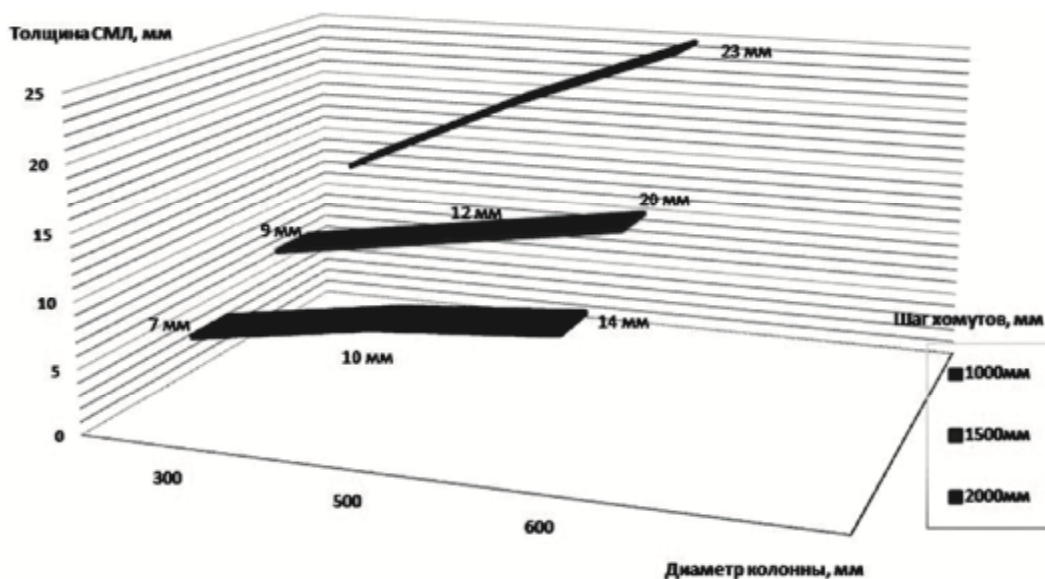


Рис. 3. Зависимость толщины несъемной опалубки из стекломгнезита от шага хомута для крепления опалубки и диаметра колонны (иллюстрация авторов)

Определение трудоемкости монтажа несъемной опалубки из стекломгнезитового листа

Далее для определения трудоемкости монтажа несъемной опалубки и замоноличивания круглой колонны в результате расчета приняты следующие размеры колонны и конструкции опалубки (рис. 4).

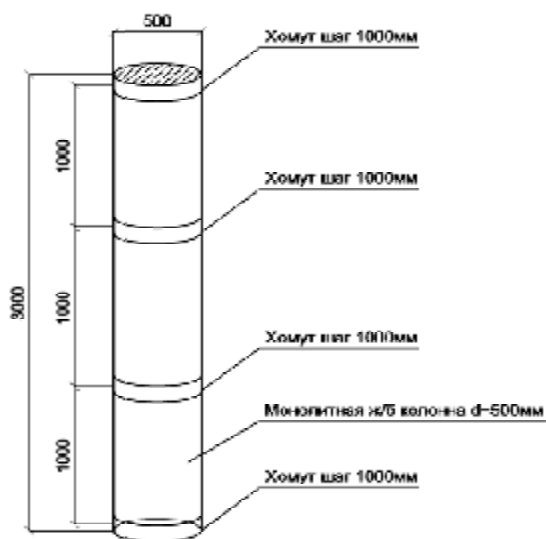


Рис. 4. Модель опалубки (иллюстрация авторов)

По итогам исследования приняты следующие параметры колонны и конструкции опалубки: высота колонны – 3 м, диаметр – 500 мм, толщина СМЛ – 10 мм, хомут из трубы $h=100$ мм, $d=530 \times 10$ мм с шагом 1000 мм.

С целью определения состава и трудоемкости выполняемых работ разработана технологическая карта на производство работ и возведение монолитных круглых колонн в несъемной опалубке из стекломгнезитового листа.

Виды рассматриваемых работ в технологической карте:

- устройство и вязка арматурных стержней;
- монтаж опалубки с креплением и фиксацией;
- устройство и разбор стремянки;
- приготовление и укладка бетона в опалубку.

В состав работ по монтажу опалубки входят следующие виды работ:

- к закладным деталям, заранее оставленным в плите, при помощи сварки крепят первый хомут;
- к первому хомуту путем сварки крепят симметрично 3 металлические полосы на всю высоту колонны;
- с шагом 1 м по высоте приваривают второй и третий хомуты;
- заранее подготовленный стекломagneзитовый лист прикрепляют к смонтированным хомутам.

Для практической оценки полученных результатов была определена трудоемкость монтажа двадцати колонн, а также рассчитана общая продолжительность монтажа, которая составила 7 рабочих дней. Полученные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Технико-экономические показатели

Показатель	Ед. измерения	Кол-во
Объем работ	м ³	7,85
Затраты труда	чел.-дн.	15,36
Затраты машинного времени	маш.-смена	0,15
Продолжительность работ	дн.	7

Заключение

1. Предложено применять стекломagneзитовые листы в качестве несъемной опалубки круглых колонн.

2. Создана расчетная модель и произведен расчет конструкции опалубки из стекломagneзитового листа, в результате чего получены зависимости толщины стекломagneзитового листа от шага хомутов и диаметра колонны. Так, для диаметра бетонируемой колонны от 300 до 600 мм толщина стекломagneзитового листа варьируется в интервале 7-23 мм.

3. Разработана технологическая карта на производство работ по возведению монолитных круглых колонн в несъемной опалубке из стекломagneзитового листа и приведены технико-экономические показатели производства работ.

Список библиографических ссылок

1. Ковалев Д. В. Несъемная опалубка в современном строительстве // Аллея Науки. 2018. № 1 (17). С. 371–374.
2. Морьев А. В. Устройство монолитных железобетонных колонн методом бетонирования ВПТ с применением крупнощитовой опалубки // Символ науки. 2016. № 11-3 (23). С. 134–138.
3. Абрамян С. Г., Ахмедов А. М., Халилов В. С., Уманцев Д. А. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы // Вестник ВолгГАСУ. 2014. № 36 (55). С. 231–235.
4. Адамцевич А. О., Пустовгар А. П. Оптимизация организации производственных процессов монолитного строительства // Вестник МГСУ. 2013. № 10. С. 242–248.
5. Болтенко А. С., Рязанцев М. Н., Богданов П. А., Ковач И. А. СМЛ: характеристики, сравнение и область применения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 10 (37). С. 22–33.
6. Ажикина Н. В. Стекломагнезит – новый облицовочный материал // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1 (11). С. 32–37.
7. Анпилов С. М. Опалубочные системы для монолитного строительства. М. : АСВ, 2005. 280 с.
8. Коклюгина Л. А., Коклюгин А. В. Определение продолжительности строительства объектов нефтеперерабатывающей промышленности с учетом интересов участников инвестиционного строительного проекта // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 20. С. 290–292.

9. Popov V. P., Popov D. V., Davidenko A. Yu. On technology of hydraulic engineering structures retaining walls production *Procedia Engineering* // *Procedia Engineering*. 2015. Vol 111. P. 656–659.
10. Figovskij O. L., Futoryanskij A. M. Erecting multistory buildings with monolithic reinforced concrete slab floors by using precast large-sized spatial structures // *Construction and Architecture*. 2015. № 3 (27). P. 19–31.
11. Schmidt A., Curbach M. Manfred Design optimization to increase the (buckling) stability of concrete columns // *Structural concrete*. 2017. № 5 (18). P. 680–692.
12. Fromknecht S., Odenbreit Ch., Dorka U. Results of Experimental Investigations on the Load-Bearing Capacity of Steel Anchor Plates with in Concrete Encased Headed Studs in Reinforced Narrow Concrete Columns // *Beton- und stahlbetonbau*. 2010. № 6 (105). P. 360–370.
13. Spitz N., Coniglio N., Mansori M. El., Montagne A., Mezghani S. Quantitative and representative adherence assessment of coated and uncoated concrete-formwork // *Surface and Coatings Technology*. 2018. № 15 (352). P. 247–256.
14. David L., Pere R., Andrew L., Tom V., Philippe B. Tile vaults as integrated formwork for reinforced concrete: Construction, experimental testing and a method for the design and analysis of two-dimensional structures // *Engineering Structures*. 2019. № 12 (188). P. 233–248.

Salakhova Alsu Ramisovna

engineer

E-mail: alsu.salakhova26@mail.ru**Evstigneeva Julia Vyacheslavovna**

engineer

E-mail: uliyaevastigneeva@mail.ru**LLC «VM-STROY»**

The organization address: 420021, Russia, Kazan, Gabdulla Tukay st., 130

Ibragimov Ruslan Abdirashitovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: rusmag007@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Constructing technology using fixed formwork**Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to solve a scientific problem to improve the effectiveness of the use of fixed decorative facade casing, by selecting the most suitable material.

Results. By calculating in the Lyra CAD software complex, a model of fixed formwork for a column of glass-magnesite sheet has been developed, and the formwork has been designed. The technological map for the installation of permanent formwork and concreting of the column with the definition of the required number of the type of work and their labor intensity has been developed.

Conclusions. The values of the obtained results for the construction industry consist in increasing the efficiency of using fixed formwork for round columns of glass-magnesite sheet. The use of fixed formwork from glass-magnesite sheet for a round monolithic column allows to reduce the labor costs for their construction and increase the fire resistance of structures. The following parameters should be indicated in the column from the fixed support: the column height is 3 m, diameter is 500 mm, the thickness of the glass-magnesite sheet is 10 mm, the pipe clamp is $h = 100$ mm, $d = 530 \times 10$ mm with a step of 1 m.

Keywords: fixed formwork, glass-magnesite sheet, column, monolith, material.

References

1. Kovalev D. V. Fixed formwork in modern construction // *Alleya Nauki*. 2018. № 1 (17). P. 371–374.
2. Moriev A. V. Designing of monolithic reinforced concrete columns by the concrete VPT concreting method using large-panel formwork // *Simvol nauki*. 2016. № 11-3 (23). P. 134–138.
3. Abramyana S. G., Akhmedov A. M., Khalilov V. S., Umantsev D. A. Development of monolithic construction and modern formwork systems // *Vestnik VolgGASU*. 2014. № 36 (55). P. 231–235.
4. Adamtsevich A. O., Pustovgar A. P. Optimization of the organization of production processes of monolithic construction // *Vestnik MGSU*. 2013. № 10. P. 242–248.
5. Boltenko A. S., Ryazantsev M. N., Bogdanov P. A., Kovach I. A. UML: characteristics, comparison and scope // *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*. 2015. № 10 (37). P. 22–33.
6. Azhikina N. V. Steklomagnezit – a new facing material // *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2010. № 1 (11). P. 32–37.
7. Anpilov S. M. Formwork systems for monolithic construction. M.: ASV, 2005. 280 p.
8. Koklyugina L. A., Koklyugin A. V. Determining the duration of the construction of oil refining facilities taking into account the interests of participants in an investment construction project // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2014. V. 17. № 20. P. 290–292.
9. Popov V. P., Popov D. V., Davidenko A. Yu. On technology of hydraulic engineering structures retaining walls production *Procedia Engineering*. Vol. 111. 2015. P. 656–659.
10. Figovskij O. L., Futoryanskij A. M. Erecting multistory buildings with monolithic reinforced concrete slab floors by using precast large-sized spatial structures // *Construction and Architecture*. 2015. № 3 (27). P. 19–31.
11. Schmidt A., Curbach M. Manfred Design optimization to increase the (buckling) stability of concrete columns // *Structural concrete*. 2017. № 5 (18). P. 680–692.
12. Fromknecht S., Odenbreit Ch., Dorka U. Results of Experimental Investigations on the Load-Bearing Capacity of Steel Anchor Plates with in Concrete Encased Headed Studs in Reinforced Narrow Concrete Columns // *Beton- und stahlbetonbau*. 2010. № 6 (105). P. 360–370.
13. Spitz N., Coniglio N., Mansori M. El., Montagne A., Mezghani S. Quantitative and representative adherence assessment of coated and uncoated concrete-formwork // *Surface and Coatings Technology*. 2018. № 15 (352). P. 247–256.
14. David L., Pere R., Andrew L., Tom V., Philippe B. Tile vaults as integrated formwork for reinforced concrete: Construction, experimental testing and a method for the design and analysis of two-dimensional structures // *Engineering Structures*. 2019. № 12 (188). P. 233–248.