

## РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ЖЕСТКИМ АРМИРОВАНИЕМ

*Рассмотрено конструктивно-технологическое решение возведения монолитных колонн с жестким армированием в гражданских зданиях. Приведены полученные сечения колонн с разным типом армирования при прочих равных условиях строительства. В статье изложены основные сравнительные показатели по технологии возведения монолитных сжатых элементов с жестким армированием в инвентарной и несъемной опалубке в виде магnezитовых плит. Представлен сравнительный анализ по материалоемкости, трудоемкости и стоимости возведения одной колонны по описанным решениям.*

**Ключевые слова:** *сжатые элементы, колонна, жесткое армирование, магnezитовые панели, несъемная опалубка, технологичность, затраты труда.*

**Введение.** Основным строительным материалом являются бетон и сталь, которые работают как единая конструкция.

Для жесткого армирования при возведении монолитных сжатых элементов в гражданских зданиях используются уголки, швеллер, двутавр или сварные элементы из листовой, полосовой или круглой стали; трубобетонные элементы и др. Форма поперечного сечения сжатого элемента чаще всего квадратная или прямоугольная, развитая в плоскости действия момента. Поперечное сечение таких конструкций определяется расчетом. Исходя из условий бетонирования монолитных колонн, размеры поперечного сечения принимаются не менее 250 мм.

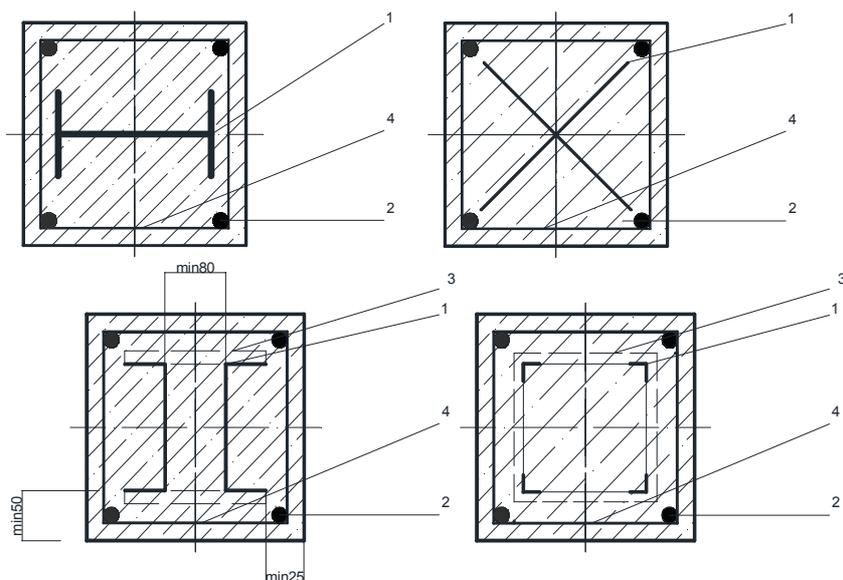
Жесткое армирование в процессе возведения сжатых элементов воспринимает нагрузки от опалубки, свежесложенного бетона и монтажных устройств. После достижения бетоном проектной прочности жесткая арматура участвует в совместной работе сечения монолитной железобетонной колонны.

Сечения колонн с жесткой арматурой приведены на рисунке 1. Прокатные профили жесткой арматуры по высоте конструкции соединяются горизонтально или наклонно расположенными планками.

**Обзор последних источников исследований и публикаций.** Наибольшее допустимое насыщение арматурой 15 %; при более высоком насыщении возможно отслоение бетона. Исключение составляет ядровое армирование, при котором площадь продольной и гибкой арматуры может достигать 25 %. При большем проценте армирования бетон не участвует в работе сечения элемента и является защитной оболочкой. Жесткую арматуру типа сердечник, а также крестового, крестово-диагонального и коробчатого сечений рекомендуется применять при малых эксцентриситетах [1].

Гибкую арматуру рекомендуется устанавливать во всех случаях. Диаметр продольных гибких стержней монолитных конструкций принимается не менее 12 мм и не более 40 мм. Они связываются поперечной арматурой. Хомуты привариваются к продольной гибкой арматуре. Класс бетона принимается не ниже С 20/25. Защитный слой бетона для жесткой арматуры должен быть не менее 40 мм. Расстояние в свету между отдельными стержнями жесткой, а также между отдельными стержнями гибкой арматуры назначается исходя из требований укладки и уплотнения бетонной смеси [1, 8].

В качестве материала несъемной опалубки можно использовать стальной профилированный настил, различный листовой материал, керамические и стеклянные блоки и даже металлические сетки.



**Рисунок 1** — Сечения колонн с жесткой арматурой, где: 1 – арматура жесткая; 2 – то же, гибкая; 3 – планка; 4 – хомут

опалубки, ее размеры, форма и конфигурация могут быть различными в зависимости от требований проекта.

Известна конструкция сталебетонного элемента [3] состоящая из бетонного ядра, прокатных профилей, профилированных листов, соединительных элементов из уголков (рис. 2).

Недостатком представленного сталебетонного элемента является наличие продольной жесткости металлической обоймы, это объясняется наличием продольной жесткости уголков крепления профилированного листа к прокатному профилю и собственно жесткостью прокатных профилей.

Если наладить изготовление элементов несъемной опалубки на приобъектном полигоне (стенде), то значительно сократятся трудозатраты на транспортирование, будут исключены повреждения хрупких элементов, вызванные динамическими нагрузками при транспортировании [4].

Прочность бетонного ядра, стесненного стальной оболочкой как обоймой, повышается при центральном сжатии примерно в 2 раза по сравнению с первоначальной. Изоляция бетона от окружающей среды создает лучшие условия для работы бетона под нагрузкой [5, 6, 7].

Возникающий эффект обоймы в элементах квадратного сечения проявляется в меньшей степени, чем в элементах круглого сечения. Это связано с неравномерностью распределения усилий обжатия в оболочке квадратного сечения.

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы и постановка задачи.** На данный момент практически отсутствуют исследования конструктивно-технологических решений возведения монолитных колонн в каркасных зданиях с различным видом армирования как в сборно-разборной, так и в несъемной опалубке, определение показателей по материалоемкости, трудоемкости и стоимости их возведения.

**В работе поставлена задача** по определению рационального сечения и типа армирования монолитных железобетонных прямоугольных колонн, обеспечения повышения технологичности возведения при сохранении эксплуатационных характеристик.

**Основная часть.** Для проведения исследований по определению сечения, рассматриваются прямоугольные колонны торгового центра с высотой этажа 5,4 м, которые воспринимают одинаковую нагрузку независимо от вида армирования и опалубочной системы.

В зависимости от вида армирования, определяются геометрические размеры в плане монолитных железобетонных колонн с гибкой арматурой; с жестким армированием; с обоймой из уголков в несъемной опалубке в виде магнезитовых плит.

В зависимости от функционального назначения опалубку используют как формообразующую конструкцию, опалубку-облицовку и опалубку-изоляцию, часто совмещая все или часть этих функций [2]. Эти элементы являются наружной поверхностью возводимой конструкции, поэтому могут иметь как различную фактуру, так и отделку различными материалами, наносимыми в заводских условиях. Учитывая заводское или полигонное изготовление

Для определения нагрузок, действующих на колонны, в программном комплексе Лира 9.6 составлены расчетные схемы. Принят бетон тяжелый класса по прочности на сжатие С20/25 (В25).

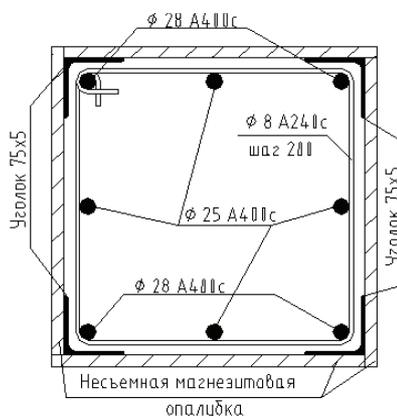
При возведении монолитных колонн прямоугольного сечения в сборно-разборной опалубке с гибким армированием, согласно расчету, принята продольная рабочая арматура класса А 400с (диаметр 12-40 мм), поперечное армирование конструктивно принято хомутами  $\varnothing 8$  А240с, размеры колонны в плане 500х500мм.

Сечения колонн с жестким армированием подобраны с учетом требований и рекомендаций, изложенных в [8]. Исходя из проведенных расчетов, принято сечение монолитной железобетонной колонны 400х400 и армирование - двутавр №20Ш.

Железобетонное сечение с обоймой из уголков смоделировано при помощи объединения жесткости железобетонного сечения и жесткости металлической обоймы (рис. 3). Принято сечение монолитной колонны 400х400 в несъемной опалубке из магнезитовых листов и армирование из уголков 75х5, продольная рабочая арматура класса А 400с (диаметр 25-28 мм), поперечное армирование конструктивно принято хомутами  $\varnothing 8$  А240с.



**Рисунок 2 – Внешний вид сталебетонного элемента**



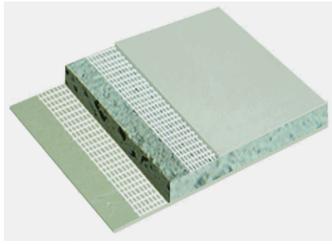
**Рисунок 3 – Армирование монолитной железобетонной колонны уголками в несъемной опалубке в виде магнезитовых плит**

Конструктивное решение с точки зрения строительной технологичности должно обеспечить наиболее простое, быстрое и экономически выгодное изготовление и монтаж конструкций при соблюдении условий прочности, устойчивости и долговечности. Оптимально подобранные параметры сечения колонн позволяют уменьшить материалоемкость, что приводит к снижению трудозатрат.

На изменение показателей по трудозатратам оказывают влияние не только количество укладываемой бетонной смеси и установка арматурных изделий (стали), но и принятые решения по опалубочным системам. Опалубка используется для возведения колонн разного сечения и формы. В качестве материала для опалубки могут применяться дощатые, фанерные и стальные универсальные щиты.

Несъемная опалубка в комплексе с жестким внешним армированием после возведения конструкции становится ее частью, поэтому ей стараются придать дополнительные полезные свойства. Так, несъемная опалубка колонн становится облицовочным материалом. Для ее изготовления используются современные полимерные и полимер-органические материалы. Это позволяет придавать конечной конструкции практически любую конфигурацию и форму поверхности.

В качестве листов несъемной опалубки целесообразно применять стекломагнезитовые листы (СМЛ) (рис.4) толщиной от 10 мм, которые относятся к негорючим материалам и имеют предел огнестойкости EI 90, что позволяет, по нормативам, применять их в зданиях высотой до 150 м.



**Рисунок 4 – Стекломагnezитовый лист**

СМЛ защищает бетон от открытого огня и дополнительно защищает несущие конструкции здания: колонны от воздействия высоких температур и соответственно разрушений. Лист крепится на профиль с шагом саморезов, равным 15 см.

Магнезитовая плита – комбинированная система из оксида магния, карналлита и других соединений, изготовленная посредством

безводного метода. Поверхность плиты с обеих сторон покрыта стекловолокном, благодаря чему не требуется дополнительной обработки поверхности, следовательно, отделка конструкции сводится к минимальным затратам.

Для возведения колонн торгового центра высотой 5,4 м используются магнезитовые плиты ArmoPlates толщиной листа 12мм.

При применении рассмотренных магнезитовых плит можно не устанавливать дополнительные подкрепляющие устройства в процессе бетонирования. Характеристики листов несъемной опалубки достаточны, чтобы воспринимать совместное действие горизонтальных динамических нагрузок от сотрясения при выгрузке бетонной смеси в опалубку и горизонтальной нагрузки от давления бетона на опалубку.

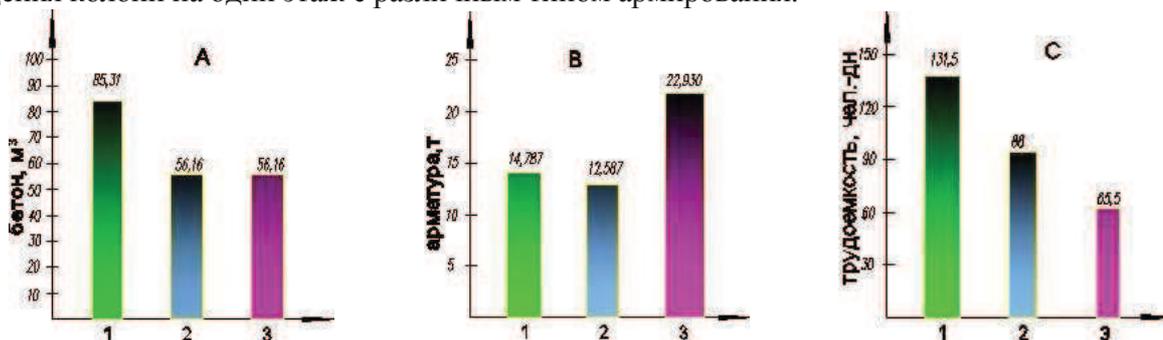
Монтаж несъемной опалубки основан на применении самонарезающих винтов для крепления опалубки к стальным уголкам. Процесс распалубки отсутствует, что существенно снижает затраты времени и усилия рабочих на строительной площадке.

Качество производства строительно-монтажных работ строго регламентируется [9].

Обоснование выбора рациональных технологических решений возможно лишь после систематизации и анализа параметров технологических процессов и факторов, определяющих технологию и организацию выполнения работ.

Для расчета и сравнения показателей технологичности были разработаны три технологические карты на возведение квадратных колонн (высотой 5,4 м) этажа торгового комплекса (размеры в плане 100х33 м). Рассмотрены следующие варианты возведения монолитных железобетонных колонн: с гибким и жестким армированием в сборно-разборной (инвентарной) опалубке, а также с жестким внешним армированием в несъемной опалубке из магнезитовых панелей.

На рисунке 5 приведены графики показателей по материалоемкости и трудоемкости возведения колонн на один этаж с различным типом армирования.



**Рисунок 5 – Графики показателей по материалоемкости и трудоемкости возведения колонн на этаж, где: А – показатели по расходу бетона, В – показатели по расходу стали, С – показатели по трудоемкости, 1 и 2 – колонны с гибким и, соответственно, жестким армированием в сборно-разборной опалубке, 3 – колонны с жестким внешним армированием в несъемной опалубке из магнезитовых панелей**

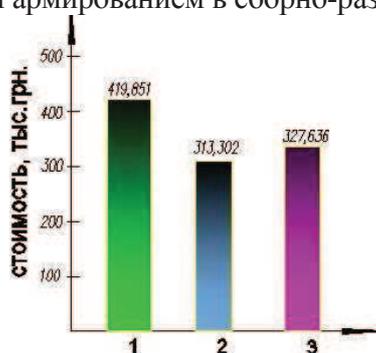
Для первого и второго вариантов возведения монолитных железобетонных колонн предусмотрена облицовка листами гипсокартона после демонтажа опалубки. В третьем варианте после набора бетоном необходимой прочности, поверхность колонны готова к шпатлевке и окраске.

Как видно из графиков (рис. 5), наибольшая материалоемкость по основным составляющим на этаж: по бетону – принадлежит варианту 1 (колонны с гибким армированием в сборно-разборной опалубке)  $85,31 \text{ м}^3$ , по стали - варианту 3 (колонны с жестким армированием в несъемной опалубке)  $22,93 \text{ т}$ .

Наименьшие показатели по расходу бетона достигаются при возведении колонн с жестким армированием (1 и 2 варианты) –  $56,16 \text{ м}^3$ , по расходу стали - варианту 2 (колонны с жестким армированием в сборно-разборной опалубке)  $12,587 \text{ т}$ .

Сравнение показателей по трудозатратам [10, 11, 12] показало эффективность возведения колонн с жестким армированием в несъемной опалубке в виде стекломгнезитовых листов, трудоемкость составила  $65,5 \text{ чел-дн.}$ , тогда как наибольшая –  $131,5 \text{ чел-дн.}$  принадлежит варианту 1 (колонны с гибким армированием в сборно-разборной опалубке). Продолжительность работ по возведению монолитных железобетонных колонн на этаж сократилась на 2 дня.

Сравнивая стоимостные показатели (рис. 6) по возведению колонн на этаж каждого из вариантов, наиболее экономичным является вариант 2 – колонны с жестким армированием в сборно-разборной опалубке  $313,302 \text{ тыс.грн.}$ , наименее экономичным – вариант 1 – колонны с гибким армированием в сборно-разборной опалубке  $419,851 \text{ тыс.грн.}$



**Рисунок 6 – Графики показателей по стоимости возведения колонн на этаж, где: 1 и 2 – колонны с гибким и, соответственно, жестким армированием в сборно-разборной опалубке, 3 – колонны с жестким внешним армированием в несъемной опалубке из магнезитовых панелей**

**Выводы.** Предложенное решение возведения колонн в несъемной опалубке из стекломгнезитовых листов сокращает трудозатраты, так как исключается процесс демонтажа опалубки с последующей обработкой поверхности не только готовой конструкции, но и опалубочных щитов. Трудоемкость при возведении колонн с гибким армированием и с жестким армированием в сборно-разборной опалубке больше, соответственно, в 2 и 1,34 раза по сравнению с возведением колонн с жестким армированием в несъемной опалубке из магнезитовых плит.

Кроме сокращения трудозатрат предлагаемая конструкция возведения колонн имеет ряд преимуществ: конструкция имеет отделанные поверхности на 80% (требуется шпаклевка стыков и окраска); снижаются трудозатраты возведения колонн; обеспечивается ремонтпригодность конструкции.

Полученные технико-экономические показатели подтверждают эффективность возведения монолитной колонны в несъемной опалубке с внешним жестким армированием. Продолжительность работ уменьшилась в сравнении с гибким армированием и жестким армированием в сборно-разборной опалубке, соответственно, на 29,4% и 23,5%.

#### Литература

1. Поляков Л. П. Железобетонные конструкции / Под ред. Л. П. Полякова, Е. Ф. Лысенко, Л. В. Кузнецова. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1984. – 352 с.
2. Morino S., Tsuba K. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan // *Earthquake and Engineering Seismology*. 2005. Vol. 4, – №1, pp. 51 – 73.
3. Пат. 2122083 РФ, МПК (1997) E04C2/00 Сталебетонный элемент / Чихладзе Э.Д., Колчунов В.И., Адамян И.Р. Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов (RU) – заявл. 28.05.1997; опубл. 20.11.1998. – 8 с.
4. Афанасьев А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона / *Промышленное и гражданское строительство*. 1990. – 374 с.
5. Стороженко Л.И., Пенц В.Ф., Коршун С.Г. Трубобетонні конструкції промислових будівель: Монографія. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 202 с.

6. Стороженко Л.І., Лапенко О.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: Монографія. – Полтава: АСМІ, 2008. – 312 с.
7. Стороженко Л.І., Єрмоленко Д.А., Лапенко О.І. Труبوبетон: Монографія. – Полтава: АСМІ, 2010. – 306 с
8. ДБН В.2.6-160:2010. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. – К., 2010. – 77с.
9. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2007. – 192 с.
10. ДСТУ Б Д.2.2-1:2008. Сборка и разборка опалубки. – К. : Минрегионстрой Украины, 2008. – 35 с.
11. ДСТУ Б Д.2.2-2:2008. Арматурные работы. – К. : Минрегионстрой Украины, 2008. – 38 с.
12. ДСТУ Б Д.2.2.-3:2008. Бетонные работы. – К. : Минрегионстрой Украины, 2008. - 15 с.

*А.М. Югов, д.т.н, професор  
В.В. Таран, к.т.н., доцент  
Р.А. Таран, к.т.н.*

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Макіївка*

## **РАЦІОНАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ МОНОЛІТНИХ ПРЯМОКУТНИХ СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ЖОРСТКИМ АРМУВАННЯМ**

*Розглянуто конструктивно-технологічні рішення зведення монолітних колон з жорстким армуванням в цивільних будівлях. Наведено отримані перерізи колон із різним типом армування при інших рівних умовах будівництва. В статті викладені основні порівняльні показники щодо технології зведення монолітних стиснутих елементів з жорстким армуванням в інвентарній та незнімній опалубці у вигляді магнезитових плит. Представлено порівняльний аналіз з матеріаломісткості, працемісткості та вартості зведення однієї колони за описаними рішеннями.*

**Ключові слова:** *стиснуті елементи, колона, жорстке армування, магнезитові панелі, незнімна опалубка, технологічність, витрати праці.*

*A.M. Yugov, Dhc (Eng.), Prof.  
V.V. Taran, PhD (Eng.), Associated Prof.  
R.A. Taran, PhD (Eng.)*

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeevka*

## **RATIONAL TECHNOLOGY OF ERECTION OF MONOLITHIC THE RECTANGULAR COMPRESSED ELEMENTS WITH HARD REINFORCED**

*Considered constructive-technological solution to erection of monolithic columns with a rigid reinforcement in civil buildings. See the section columns with different types of reinforcement in flat construction. The article describes the basic comparative indicators on technology of erection of monolithic compressed elements with hard reinforced in the inventory and the concrete forms of magnesite in the form of plates. The comparative analysis on material consumption, labour and cost of the construction of one column described decisions.*

**Keywords:** *compressed elements, a column, a rigid reinforcement, magnesite, permanent shuttering panels, processability, labor costs.*

*Надійшла до редакції 21.08.2014  
© А.М. Югов, В.В. Таран, Р.А. Таран*