

УДК 69.057.5+624.075

А.М. Югов, д.т.н, профессор

В.В. Таран, к.т.н.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКИ ДЛЯ КОЛОНН ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Приведены результаты исследований применения несъемной опалубки колонн при возведении монолитного каркасного здания. Представлено сравнение по основным технико-экономическим показателям.

Ключевые слова: несъемная опалубка, монтаж, бетонирование, трудоемкость.

УДК 69.057.5+624.075

А.М. Югов, д.т.н, професор

В.В. Таран, к.т.н.

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЗНІМНОЇ ОПАЛУБКИ КОЛОН ПРИ ЗВЕДЕННІ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ

Наведено результати досліджень застосування незнімної опалубки колон при зведенні монолітної каркасної будівлі. Подано порівняння за основними техніко-економічними показниками.

Ключові слова: незнімна опалубка, монтаж, бетонування, трудоемкість.

UDC 69.057.5+624.075

A.M. Yugov, ScD, Professor

V.V. Taran, PhD

Donbas National Academy of Engineering and Architecture

APPLICATION OF PERMANENT FORMWORK FOR PILLARS IN THE CONSTRUCTION OF FRAME BUILDINGS

Results of studies of application of permanent formwork in construction of monolithic columns frame building. Compares on the main technical and economic indicators.

Keywords: permanent shuttering, installation, concreting, labour input.

Введение. В монолитном строительстве опалубку высоко ценят за возможность возводить строения без сборных конструкций. Фиксаторы арматуры, щиты палубы и прочие поддерживающие элементы опалубочных систем обеспечивают долговечность здания и его устойчивость к статическим и динамическим нагрузкам.

Монолитное строительство позволяет реализовать любой архитектурный замысел – как декоративный, так и сугубо функциональный, особенно при индивидуальном и малосерийном строительстве. Несъемная опалубка позволяет возводить несущие конструкции здания без дополнительной отделки.

Возведение монолитных железобетонных колонн за счет применения инновационной технологии их устройства в несъемной опалубке позволяет уменьшить трудовые и материальные затраты, а также повысить производительность работ при возведении здания в целом.

Анализ существующих материалов несъемной опалубки. В настоящее время на строительном рынке представлены следующие типы опалубки для колонн:

- многоразовая опалубка колонн (щитовая, стальная, пластиковая);
- одноразовая опалубка колонн (керамические и стеклянные блоки, сборные железобетонные и металлические трубы; картонная и пенополистирольная опалубка и др.).

В статье предлагается рассмотреть современные системы несъемных опалубок, применяемые при бетонировании колонн.

В зависимости от функционального назначения опалубку используют как формообразующую конструкцию, опалубку-облицовку и опалубку-изоляцию, часто совмещая все или часть этих функций. В любом случае эти элементы являются наружной поверхностью возводимой конструкции, поэтому могут иметь как различную фактуру, так и отделку, выполненную в заводских условиях. Учитывая заводское или полигонное изготовление опалубки, ее размеры, форма и конфигурация могут быть различными в зависимости от требований проекта.

Несъемная опалубка после укладки монолитного бетона и завершения последующих процессов остается в теле забетонированной конструкции и работает в ней как одно целое. Опалубка не только образует форму сооружения, его архитектурное оформление, но и защищает поверхность от различных воздействий, повышает прочностные характеристики конструкции, улучшает режим твердения бетона. Неровная, шероховатая, внутренняя поверхность способствуют лучшему контакту с укладываемым монолитным бетоном.

Немаловажную роль при выборе параметров процессов устройства монолитных колонн в каркасных гражданских зданиях играют объемно-планировочные решения зданий, конструктивные решения, климатические условия, а также производственные (организационные) факторы,

оказывают влияние также и управляющие, контролирующие, внешние факторы на трудоемкость и продолжительность технологического процесса. Помимо этого необходимо решить вопрос по составу бетонной смеси, ее подаче и уплотнению в период возведения каркаса здания.

Часто при возведении здания под несъемной опалубкой подразумевается внешняя стальная оболочка – *сталежелезобетонные конструкции*, которые в своем составе объединяют бетон, арматурные стержни и стальной прокат. Наряду с высокими технико-экономическими показателями при возведении этих конструкций во многих случаях удастся полностью избавиться от необходимости использовать сборно-разборную опалубку. В качестве опалубки используются стальные прокатные профили и листы. При возведении каркасных зданий, где нагрузки не столь велики, колонны выполняются в построечных условиях (рис. 1).

Железобетонную несъемную опалубку применяют при возведении фундаментов промышленных зданий и технологического оборудования, для устройства внутренних поверхностей прямых, технологических туннелей и пр. (рис. 2). Тонкостенные железобетонные трубы могут быть использованы как опалубка и облицовка колонн крупного сечения.



Рис. 1. Возведение каркаса здания с применением трубобетонных колонн



Рис. 2. Применение железобетонных труб в мостостроении

При возведении каркасно-монолитных гражданских зданий возможно использование в виде несъемной опалубки для колонн круглого сечения *картонных влагостойких труб*.

Широкое распространение получили:

- картонная опалубка колонн «Опалубка-Тула» [4];
- опалубка KLILA AMICOTUBE [6];
- группы компаний «Опалубка», «Монотьюб» [7].

Приведенная выше опалубка изготавливается из прочного картона методом многослойной спиральной навивки на вал. В процессе производства картон по специальной технологии пропитывается водостойким полимерным клеем и получает необходимую прочность после его затвердевания.

Опалубка колонн из прочного картона (рис. 3) имеет ряд преимуществ:

- быстрая установка;
- малый вес и достаточная прочность;
- устанавливается без крана в любом помещении;
- даёт наилучшее качество поверхности бетона, колонны не требуют дополнительных отделочных работ;
- имеет повышенную теплоизоляцию по сравнению со стальной опалубкой;
- опалубку можно не удалять в течение длительного времени;
- опалубка изготовлена из экологически безопасного материала, соответственно проблем с её утилизацией не возникает;
- на опалубку можно нанести информацию и использовать её в качестве рекламы;
- уменьшается внешняя поверхность под отделку.

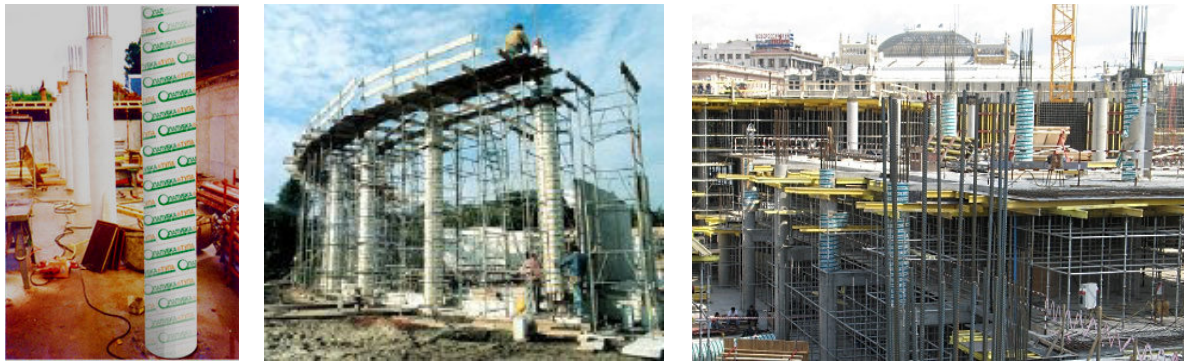


Рис. 3. Возведение монолитных колонн в опалубке из прочного картона

Опалубка колонн из прочного влагостойкого картона имеет следующие размеры:

- диаметр от 150 до 1250 мм;
- толщина стенки зависит от диаметра и высоты колонны и составляет от 3 до 15 мм;
- длина опалубки до 11, длина колонн до 30 метров;
- масса от 1,8 до 40 кг/м (в зависимости от диаметра).

Внутренняя поверхность опалубки имеет спиралевидный узор или гладкая, достигающаяся с помощью вкладыша из утолщенной пленки ПВХ. Опалубочные трубы могут комплектоваться вкладышами из стиропора, с помощью которых сечение опалубки по всей длине

можно делать: квадратным, прямоугольным, овальным, гранёным, треугольным, Т-образным, L-образным или текстурированным.

Пенополистирольная опалубка для колонн с внешней стороны имеет круглое сечение, тогда как внутри может быть прямоугольного, квадратного сечения (рис. 4), в зависимости от предъявляемых требований к вертикальным конструкциям монолитного каркаса [8].

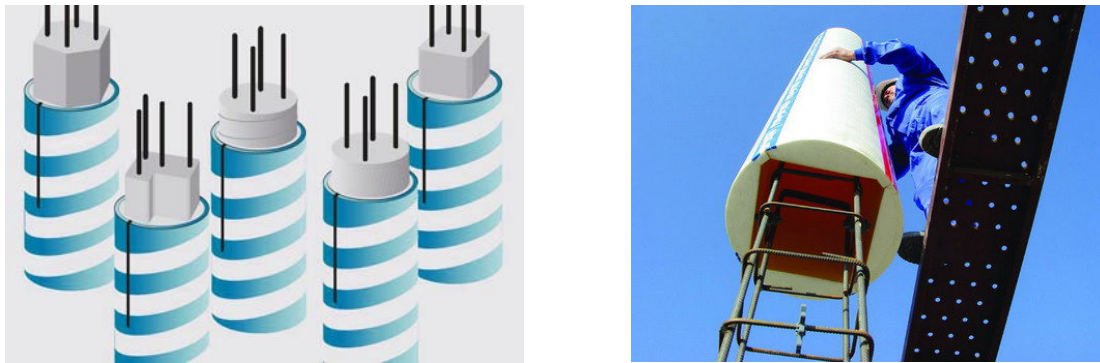


Рис. 4. Возведение монолитных колонн в опалубке из пенополистирола

Преимущества опалубки из пенополистирола:

- быстрый монтаж и демонтаж (без подъемного оборудования);
- удобство в транспортировке и складировании;
- максимальный вес опалубки колонны 8 кг;
- минимальное использование рабочей силы;
- использование в качестве несъемной опалубки.

Анализ существующих систем несъемных опалубок для возведения монолитных колонн круглого сечения позволил определить, что при возведении надземной части гражданских каркасных зданий целесообразно использовать в качестве несъемной опалубки прочный влагостойкий картон и пенополистирол.

Постановка цели и задач исследований. Усовершенствование технологии работ в строительстве заключается в том, что трудозатраты по устройству монолитных колонн в несъемной опалубке должны уменьшаться, а продуктивность процесса увеличиваться. При этом работы должны отвечать проектному качеству, а проектное качество – нормам.

Важным заданием в настоящее время является повышение эффективности технологических параметров комплексных процессов, усовершенствование проектирования, подготовки, организации работ на основании отбора рациональных технологических решений устройства монолитных колонн в каркасных зданиях. Особенное внимание при этом следует уделять сокращению трудоемкости работ.

Организационно-технологические решения возведения колонн в несъемной опалубке. При возведении монолитного каркасного здания административного или жилого назначения исходят из директивного срока его строительства в целом. Ведущим процессом является бетонирование как вертикальных, так и горизонтальных конструкций.

Бетонирование влияет на сроки выполнения опалубочных и арматурных работ, которые находятся в тесной технологической зависимости от него. Поэтому для обеспечения ритмичного потока при разной трудоемкости разнородных процессов принимают одинаковую продолжительность работ (продолжительность бетонирования) при различном численном составе звеньев для каждого из них.

Исходя из темпов укладки бетона, подбирают необходимый комплект машин для этого процесса, в том же темпе следует выполнять опалубочные и арматурные процессы на принятых для них механизмах и приспособлениях.

На строительную площадку поступают бетонная смесь и арматурные изделия. Доставка и прием на строительную площадку осуществляется с соблюдением требований к качеству применяемых материалов [10].

Для устройства колонн в несъемной опалубке на строительную площадку доставляются и складировются: опалубка необходимого размера и сечения, арматура и арматурные изделия. Бетонная смесь доставляется и подаётся непосредственно к месту укладки.

Эффективность строительства в значительной мере зависит от правильного выбора транспортных средств и осуществления комплексной механизации транспортных процессов, включающих в себя погрузку, перемещение и выгрузку грузов на строительной площадке.

Наиболее широко в строительстве используется автомобильный транспорт. Основными достоинствами его являются большая скорость, высокая маневренность, способность передвигаться по кривым участкам пути с малым радиусом закругления и преодолевать крутые подъёмы дорог, возможность доставки разнообразных грузов непосредственно к объекту строительства.

От вида перевозимых грузов зависят не только методы выполнения погрузочно-разгрузочных работ, выбор такелажных и монтажных средств для их перемещения, но и коэффициент использования грузоподъемности и вместимости транспортных средств, от которого в свою очередь зависят тарифы на перевозки, а также трудоемкость транспортных работ.

От вида опалубки зависит степень заполнения контейнеров для перевозки – Кз (рис. 5), площадь складирования и количество подъемов и подачи на монтажную высоту.

Количество элементов опалубки на принятую захватку будет различным, следовательно количество подъемов и перемещений также изменяется.

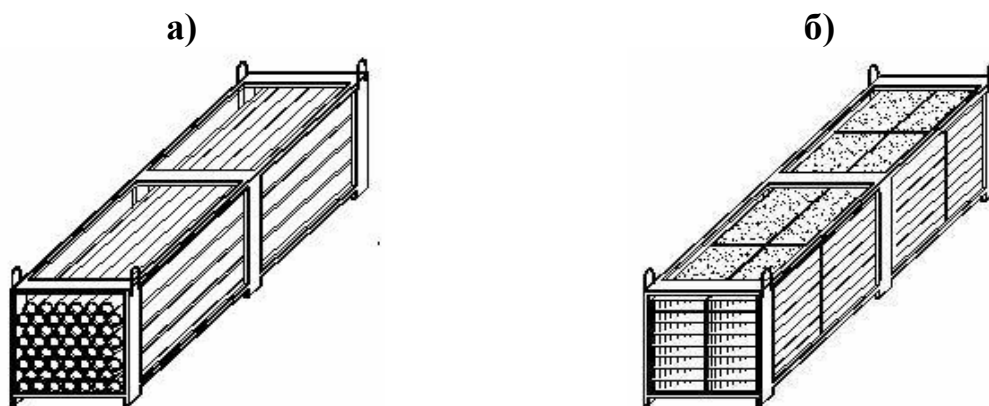


Рис. 5. Схема для сравнения подачи опалубки в контейнерах:
а) несъемная опалубка круглого внешнего сечения $K_3=0,7...0,8$;
б) щиты сборно-разборной опалубки $K_3=1,0$

Для несъемной опалубки круглого внешнего сечения количество подъемов на одну захватку будет 3–5. При этом контейнеры равномерно распределяются на захватке, что уменьшает расстояние их переноса и увеличивает производительность работ на монтажном горизонте.

При применении несъемной опалубки необходимо решить ряд принципиальных вопросов – монтаж опалубки, ее выверка, временное и окончательное закрепление. Должны быть разработаны средства механизации, обеспечение принудительного и безвыверочного монтажа ее элементов.

Опалубка колонн устанавливается строго вертикально поверх арматурного каркаса. При монтаже опалубки из легких материалов пенополистирола и картона на полимерной основе распределение и установка опалубки производится вручную (рис. 6) двумя – тремя монтажниками.



Рис. 6. Установка несъемной опалубки в проектное положение

Соответственно монтажный кран выполняет другие операции по подаче изделий и конструкций, бетонной смеси, средств подмащивания и др. на монтажный горизонт. Снижаются затраты на механизацию работ.

При монтаже опалубки в виде металлической обоймы трудоемкость возрастает ввиду увеличения веса несъемной опалубки. При этом монтажный кран задействован как при подаче контейнера с опалубкой на монтажный горизонт, так и при ее поштучной подаче на место установки.

Крепление колонн в верхней части осуществляется с помощью специальных муфт (регулируемый стальной манжет с двумя анкерными стержнями для вертикальной фиксации опалубки). Муфта надежно удерживает трубную опалубку при заполнении бетоном. Легко перемещаемый стальной манжет закрепляется на опалубке с помощью встроенного стопорного винта, после чего крепятся наклонные стойки (раскосы), и опалубка устанавливается вертикально (рис. 7).



Рис. 7 Временное крепление монолитных колонн в несъемной опалубке в верхней зоне

Временная устойчивость в нижней части несъемной опалубки в виде картонных труб осуществляется с использованием плоского деревянного (фанерного) кольца (рис. 8). Приспособление в виде плоского кольца прочно охватывает нижнюю трубную часть снаружи.



Рис. 8. Временное крепление монолитных колонн в несъемной опалубке в нижней зоне

При широком применении трубобетонных конструкций необходим индустриальный и высокопроизводительный способ заполнения труб бетоном, обеспечивающий высокую прочность и однородность бетонного ядра. Существующие способы уплотнения бетона в трубах на строительной площадке: глубинным вибрированием, штыкованием.

Глубинное вибрирование осуществляется глубинными вибраторами, погружаемыми в бетон, оболочка стержня при этом неподвижна. Способ применяется при больших диаметрах труб ($D > 100$ мм).

Штыкование бетона производят вручную стержнями, длина которых больше длины трубы. Оболочка стержня при этом способе также неподвижна, а бетон уплотняется под воздействием перемещаемых стержней.

Бетонная смесь в опалубку подается краном по схеме «кран-бункер» или с применением бетононасоса. При высоте опалубки колонн до 4 м заполнение бетоном осуществляется с помощью бадьи для бетонной смеси с нормальной скоростью заливки (рис. 9). Если картонная опалубка колонн выше 4 м, бетон подаётся по шлангу при помощи бетонного насоса.



Рис. 9. Подача бетонной смеси в колонну по схеме «кран–бункер»

В таблице 1 приведена допустимая скорость бетонирования колонн в несъемной опалубке в виде влагостойкого картона и пенополистирола.

Таблица 1 Скорость бетонирования колонн в несъемной опалубке

Диаметр трубы, мм	Допустимая скорость бетонирования, м/час
100 – 300	6,0
300 – 450	5,0
450 – 600	3,5
600 – 1250	2,5

Рекомендуется уплотнять бетонную смесь изнутри вибратором. Для этого используются ручные глубинные вибраторы, предназначенные для уплотнения бетонных смесей при укладке их в монолитные конструкции с различной степенью армирования, а также при изготовлении бетонных и железобетонных изделий для сборного строительства.

Механические колебания, создаваемые вибратором при его погружении в бетонную смесь, способствуют активному уплотнению бетона.

Размер захваток зависит от предполагаемого темпа работ, комплектности поставки опалубочных элементов, обеспеченности площадки бетонной смесью и квалифицированной рабочей силой.

Применение картонной опалубки предусматривает возможность распалубки колонн. В этом случае распалубка осуществляется спустя 48 часов. Шнур, проложенный внутри опалубки, позволяет быстро (примерно за 10 минут, в зависимости от высоты) удалить опалубку. Достаточно закрепить шнур, например, на ручке молотка и потянуть его сверху вниз, в результате чего шнур разорвет опалубку на две части. После этого она легко отделяется от готовой колонны (рис. 10).



Рис. 10. Демонтаж картонной опалубки

В статье рассматривается конструкция несъемной опалубки, которая является элементом декора, а также служит для защиты колонны в процессе ее эксплуатации.

Опалубку колонн до применения следует хранить в сухом помещении, недоступном для влажного воздуха и влажного грунта, в вертикальном положении или на ровной поверхности. Нельзя допускать перегибов краев, чрезмерного давления и повреждений.

При принятии решений о возведении здания одним из основных критериев выбора технологии устройства вертикальных конструкций является себестоимость изделия. Применение несъемной опалубки уменьшает затраты труда при монтаже (несъемная опалубка не требует дополнительной сборки на монтажном горизонте), на демонтаж и работы, связанные с очисткой и обработкой поверхности для последующего применения. Однако при этом необходимо учитывать стоимость самой одноразовой опалубки.

Сравнительные показатели по удельной стоимости опалубки, стоимости заполнителя, стоимости колонны «в деле» и трудоёмкости монтажа приведены в таблице 1. Показатели указаны на одну колонну сечением 600х600 мм, высотой h=3000 мм.

Таблица 2. Показатели на одну колонну сечением 600х600 мм, высотой h=3000 мм

№	Материал опалубки, стоимость, грн/м ²	Вид бетонной смеси	Удельная стоимость опалубки, грн.	Стоимость заполнения, грн.	Стоимость колонны «в деле», грн.	Трудоёмкость, чел-час
1	Картон влагостойкий $S_{оп} = 7,2 \text{ м}^2$ $\Pi = 118,20 \text{ грн/м}^2$	тяжелый бетон	737,63	676,80	2192,37	7,10
		самоуплотняющийся бетон		846,00	2454,63	
2	Пенополистирол $V_{1 \text{ кол}} = 1,08 \text{ м}^3$ $\Pi = 530 \text{ грн/м}^3$	тяжелый бетон	489,20	676,80	1829,85	6,70
		самоуплотняющийся бетон		846,00	2192,11	
3	Стальная труба $\varnothing 530 \times 6 \text{ мм}$ $H = 3000 \text{ мм}$ $M = 0,301 \text{ т}$ $\Pi = 1640,95 \text{ грн/п.м}$	тяжелый бетон	4266,47	676,80	6661,34	11,2
		самоуплотняющийся бетон		846,00	6923,6	
4	Дерево металлическая опалубка $S_{оп} = 7,2 \text{ м}^2$ $\Pi = 140 \text{ грн/м}^2$	тяжелый бетон	873,60	676,80	2403,12	9,38
		самоуплотняющийся бетон		846,00	2665,38	
5	Сборная ж/б колонна 600х600 мм $H = 3000 \text{ мм}$ $M = 2,34 \text{ т}$	тяжелый бетон	-	-	2334,0	12,1

В работе предусмотрено применение тяжелого бетона класса по прочности С10/15...С25/30. В сравнительной таблице 1 приведены также показатели по стоимости самоуплотняющегося бетона. Данное сравнение выполнено с целью сокращения затрат труда на уплотнение бетонной смеси в период ее укладки. Уплотнение выполняется с использованием глубинных вибраторов. Пенополистирольная и картонная опалубки – достаточно легкий строительный материал, который при неосторожном уплотнении бетонной смеси может получить деформации. В этом случае применение самоуплотняющегося бетона исключает возможные разрушения и деформации тонкостенных легких материалов несъемной картонной и пенополистирольной опалубки.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что наименьшая трудоемкость при возведении колонн достигается при монтаже несъемной опалубки из пенополистирола и влагостойкого картона – 6,7 и 7,1 чел.-час соответственно, наибольшая – при применении в виде несъемной опалубки стальной трубы – 11,2 чел.-час.

В сравнении со сборным железобетоном ($T_p = 12,1$ чел.час) трудоемкость монтажа колонны в несъемной опалубке из пенополистирола меньше в 1,8 раза.

Выводы. Здания, построенные по монолитно-каркасной технологии, имеют целый ряд преимуществ перед объектами, построенными по классической технологии: внутренние помещения имеют свободную планировку; здания более прочные по конструкции и сейсмостойчивы.

Очевидны технологические преимущества несъемной опалубки из пенополистирола и влагостойкого картона для колонн:

1. Позволяет не применять грузоподъемную технику (средний вес опалубки высотой 3–4 метра составляет всего 10–12 кг). Как показали исследования, трудоемкость монтажа несъемной опалубки из пенополистирола и влагостойкого картона меньше на 40 и 36% соответственно в сравнении с несъемной опалубкой из стальной трубы.
2. Легко устанавливается, раскрепляется и демонтируется (при необходимости).
3. Позволяет производить заливку бетоном как по схеме «кран-бункер», так и с применением бетононасосов.
4. Позволяет вибрировать бетонные смеси изнутри опалубки.
5. Обеспечивает качественную поверхность готовой колонны.
6. Обеспечивает воплощение декоративно-эстетических и архитектурных решений.
7. Позволяет сократить сроки строительства (при применении несъемной опалубки отсутствует процесс ее демонтажа).

Литература

1. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
2. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартов безопасности труда. Производственная безопасность в строительстве. Основные положения. – К.: Укрархбудиформ, 2009. – 89 с.
3. ДБН А.3.1-5-2009 Организация строительного производства. – К.: Минрегионстрой Украины, 2011 – 20 с.
4. Картонная опалубка колонн «Опалубка-Тула» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tula-upak.ru>.
5. Кришан, А.Л. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений.– 2009. – №4– С. 75–80.
6. Опалубка AMICOTUBE для колонн производства Украина-Израильской компании «AMICOTUBE» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.opalubka.dp.ua>.
7. Опалубка круглых колонн от Группы Компаний «Опалубка». «Монотьюб» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://psk-holding.ru>.
8. Пенопластовая опалубка для колонн. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pioner.net.ua>.
9. Стороженко, Л.І. Трубобетонні конструкції промислових будівель: монографія. Пенц В.Ф., Кориун С.Г. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 202 с.
10. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. – М., 1991.– 192 с.

*Надійшла до редакції 10.10.2013
© А.М. Югов, В.В. Таран*