

УДК 693.54:022.5

## РОТАЦИОННО-ИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И ЕГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В.Я.Бабиченко, к.т.н., доц., В.И.Данелюк, асс.

(Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса)

В статье приводится обоснование целесообразности применения армоцемента в современном строительстве. Предложен новый способ и устройство для производства армоцемента и изделий из него. Излагается сущность способа, его значение в практике строительства и основные технико-экономические показатели.

Армоцемент - мелкозернистый бетон, дисперсно-армированный вместо обычных арматурных стержней, тонкими стальными проволочными сетками, давно привлекал внимание строителей [1,2]. Этот материал, отличающийся повышенной трещиностойкостью и прочностью при растяжении, показывает целесообразность применения его для максимального снижения собственного веса железобетонных конструкций в виде оболочек или складок. При этом достигается возможность снижения его толщины до 10-20 мм. Внедрение армоцемента, как разновидности железобетона вполне перспективно в практике современного строительства, в связи с тенденцией в настоящее время и в обозримом будущем широкого использования железобетона.

Однако технология производства армоцемента, при малой толщине изделий из него, в пределах 10-25 мм не вписывается в массовую технологию железобетона, реализуемую в основном с применением различных вибрирующих устройств. Это ограничивает толщину производимых изделий на уровне 40 мм. Поэтому многократные попытки применения армоцемента, несмотря на все его положительные свойства, заканчивались всегда строительством единичных объектов, возводимых вручную, и дальнейшего распространения не получили.

В настоящее время основные принципиальные вопросы, касающиеся конструкции бетонометных устройств, способов их действия, производительности и энергозатрат в значительной степени получили свое принципиальное решение, а опытно-промышленный образец бетономета, разработанный на основании исследований, проведенных в ХГТУСА, а также в ОНИЛ технологии и механизации

производства бетонных работ при ХНАГХ уже проходит испытания близкие к производственным. В результате проведенных исследований получен ценный материал, касающийся основных вопросов, от решения которых уже возможен переход от теоретических разработок и локальных попыток внедрения к массовому производству армоцемента и армоцементных конструкций на современном этапе развития строительной техники.

Успешный результат этой разработки обеспечивается тем, что впервые представлен, новый способ и устройство, рациональное сочетание которых приводит к существенному прорыву, в свое время предсказанному в работах О.П. Мчедлова-Петросяна, П.А. Ребиндера и учениками их школы В.И.Бабушкина, М.Г. Дюженко, Я.А. Емельяновой, А.Ф. Полака и др. в технологии производства тонкостенных железобетонных изделий и в частности формования изделий предельно малой толщины и повышенной прочности приближающееся по своим показателям к 70-80 МПа и более.

Новизна способа ударно-импульсного уплотнения с применением усовершенствованных метательных устройств заключается в том, что вводится одностадийный процесс производства бетонных работ вместо традиционно установившегося двухстадийного, когда вначале на отдельном посту (или на транспортных средствах) производится дозировка и перемешивание компонентов бетонной смеси с применением специального дозирочного и смесительного оборудования. После чего готовый полуфабрикат - затворенная водой бетонная смесь передается на следующий пост - формования, где она укладывается в форму (или опалубку) и уплотняется под воздействием силы тяжести с применением вибрации.

При формовании методом ротационно-импульсного уплотнения этот путь значительно сокращается. Дозировка, перемешивание и укладка в форму объединяются в единый производственный цикл, выполняемый с применением специального технологического оборудования при полной механизации всех производственных операций. При этом значительно сокращается трудоемкость, машиноемкость и энергозатраты.

Следует отметить, что вначале все работы в области ротационно-импульсного уплотнения проводились применительно к укладке тяжелого бетона, укладываемого в крупногабаритные конструкции и массивы, где объемы исчислялись десятками и даже сотнями кубометров в час. Поэтому снижение энергозатрат, трудоемкости и машиноемкости представлялись весьма

существенными. По этим показателям ротационный бетон оказался рентабельнее в 2-3 раза в сравнении с обычным бетоном вибрационного уплотнения.

Положительный результат получен также и в процессе наблюдения за долговечностью бетона ротационной технологии, которое проводится систематически на протяжении периода уже более 40 лет. Впервые бетон ротационно-импульсного уплотнения в массовом количестве был применен на объектах завода им. Малышева в г. Харькове еще в начале 60-х годов прошлого столетия. Контрольные испытания этого бетона по образцам вырезанным из конструкций показали увеличение прочности на 85-100% в сравнении с проектной. Подобные же результаты получены и при испытании их на морозостойкость и коррозионную стойкость.

Однако в случае применения мелкозернистых бетонных смесей, а именно такие смеси используются для получения армоцемента, только благодаря разработке ротационного метательного устройства усовершенствованного образца, оснащенного вместо лопастей эластичными трубчатыми элементами, запатентованного в России [3] удалось достичь положительных результатов и завершить разработку нового ротационно-импульсного способа бетонирования, обеспечивающего предельно возможную степень уплотнения компонентов бетона, суть которой состоит в почти мгновенном торможении частиц дискретного потока, состоящего из зерен цемента, песка и воды (в виде частиц аэрозоля) и мгновенном объединении их в единое целое - слой свежееуложенного бетона при минимально возможной пористости.

При этом правило водоцементного отношения устанавливающее связь между водоцементным отношением, определяющим консистенцию смеси и корреляционно связанным с прочностью бетона уже не применимо, поскольку консистенция достигает своего нижнего предела близкого по своему значению к консистенции цементного теста нормальной густоты. Дальнейшее уплотнение компонентов бетона под воздействием силы одной гравитации будет уже недостаточным и может достигаться только путем повышения интенсивности прилагаемых к бетону воздействий, например, вибрации с пригрузом, прессованием или приложением живой силы, как это реализуется при применении способа ротационно-импульсного бетонирования путем захвата элементарных порций бетонной смеси трубчатыми элементами новых метательных устройств преобразования захваченные порции в поток дискретных частиц при их сбросе.

СПРАВ

После короткого промежутка времени пребывания частиц в состоянии свободного полета, в момент их соударения с бетонируемой поверхностью вся кинетическая энергия частиц, сообщенная им при разгоне новыми метательными устройствами реализуется на уплотнение формируемого слоя бетона.

Проведенный теоретический расчет показывает, что при скорости частиц дискретного потока близкой 80 м/с и промежутке времени близком 0,003с, затрачиваемом на торможение частиц в процессе их проникания в слой на величину не менее 0,5 своего диаметра, взаимодействие между элементами формирующейся системы реализуется с ускорением порядка  $(2,6-2,8) \times 10^4$  м/с<sup>2</sup>, что составляет величину близкую  $2,7 \cdot 10^3$  g, т.е. ускорение при объединении частиц в общую систему превышает ускорение силы тяжести более чем в 1000 раз. При этом появляется возможность получить бетон с предельно низким водоцементным отношением близким к 0,14 и прочностью при сжатии составляющей 100-120 МПа и выше. При этом известная кривая, характеризующая прочность бетона с уменьшением водоцементного отношения достигает своего верхнего предела. Дальнейшее снижение водоцементного отношения может привести только к появлению сухой пористости и резкому снижению прочности.

Технико-экономическая эффективность способа ротационно-импульсного бетонирования, применяемого в практике строительства, определялась путем сравнения стоимости возведения двух вариантов несущих стен в малоэтажном жилищном строительстве массовой застройки. Для сравнения выбран наиболее типичный вариант индивидуального жилого дома типа коттеджа план и разрез которого показаны на рис.

Первый вариант - базовый, возводимый из кирпича глиняного обожженного. Второй как альтернативный, предлагаемый вариант возведения несущих стен коттеджа из композита, составляющие которого четко разделены по своему функциональному назначению. Так несущая составляющая композита представляет собой каркас, возводимый из железобетонных стержневых элементов к которому прикрепляются наружная и внутренняя армоцементные оболочки. Остающийся промежуток между оболочками заполняется утеплителем, в качестве которого может быть использован местный материал, преимущественно в виде отходов с/х или промышленного производства: саман, отходы камнепиления, шлак, золы и т.п. Для формования как армоцементных пластин, так и стержневых элементов

используется одно и то же мобильное метательное устройство, меняется только оснастка.

Расчет объема кирпичной кладки при возведении несущих стен по первому варианту приведен в табл.1. В соответствии с расчетом общий объем кладки составляет - 78,71 м<sup>3</sup> или с некоторым округлением - 80 м<sup>3</sup>. При этом в соответствии с нормативами количество кирпича для возведения стен будет равно:  $80 \times 400 = 32000$  шт.

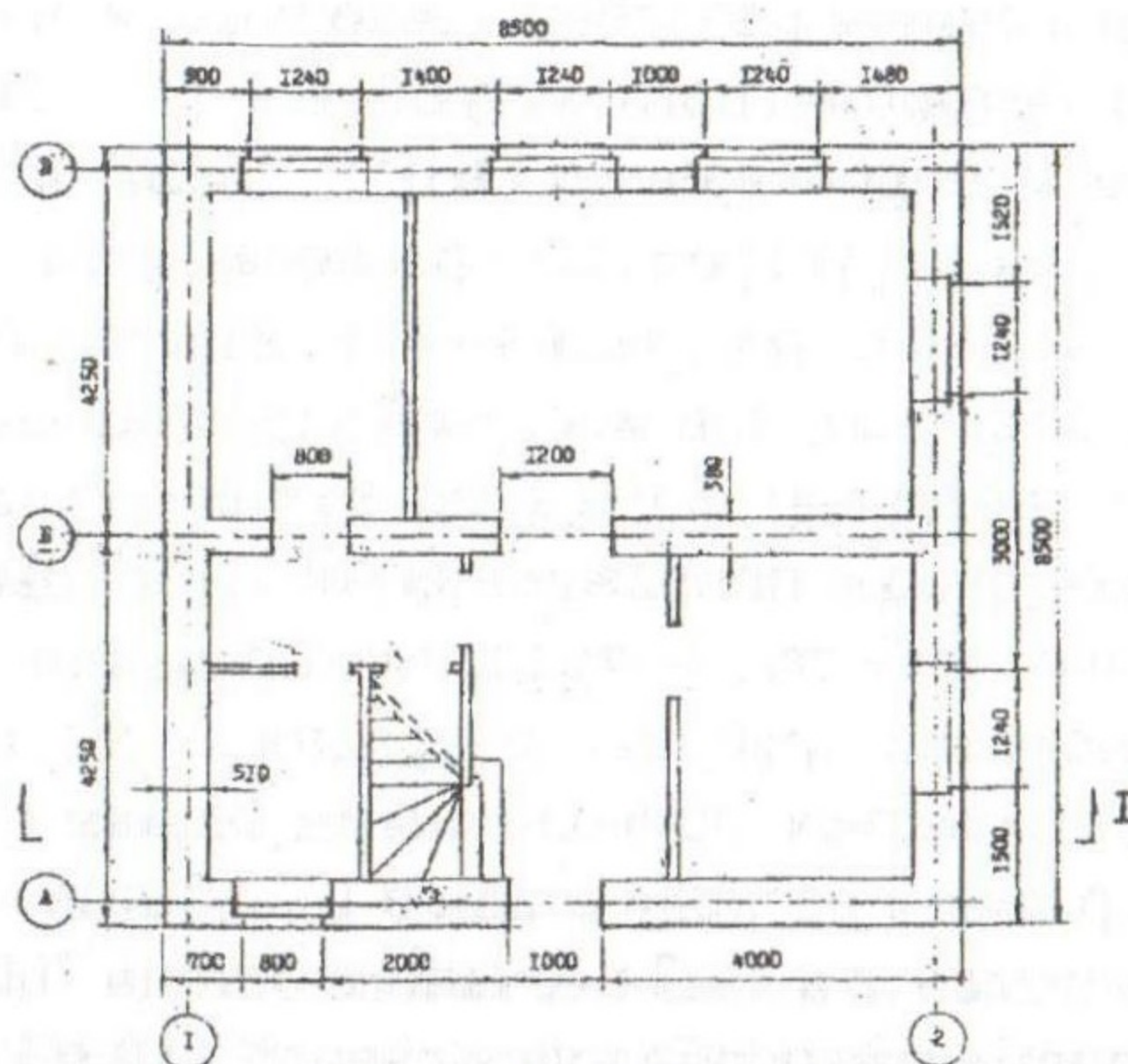
Учитывая, что при выполнении кладки на каждую тысячу штук кирпича расходуется 0,55 куб.м раствора, общее количество его составит  $32 \times 0,55 = 17,6$  куб.м. При затратах цемента 200 кг/куб.м для выполнения всей кладки потребуется цемента  $18 \times 0,2 = 3,6$  м<sup>3</sup> и песка  $18 \times 0,65 = 12$  м<sup>3</sup>. Затраты на приобретение указанного количества материалов по рыночным ценам будут составлять:

кирпич  $32000 \times 3$  грн/шт = 96000 грн

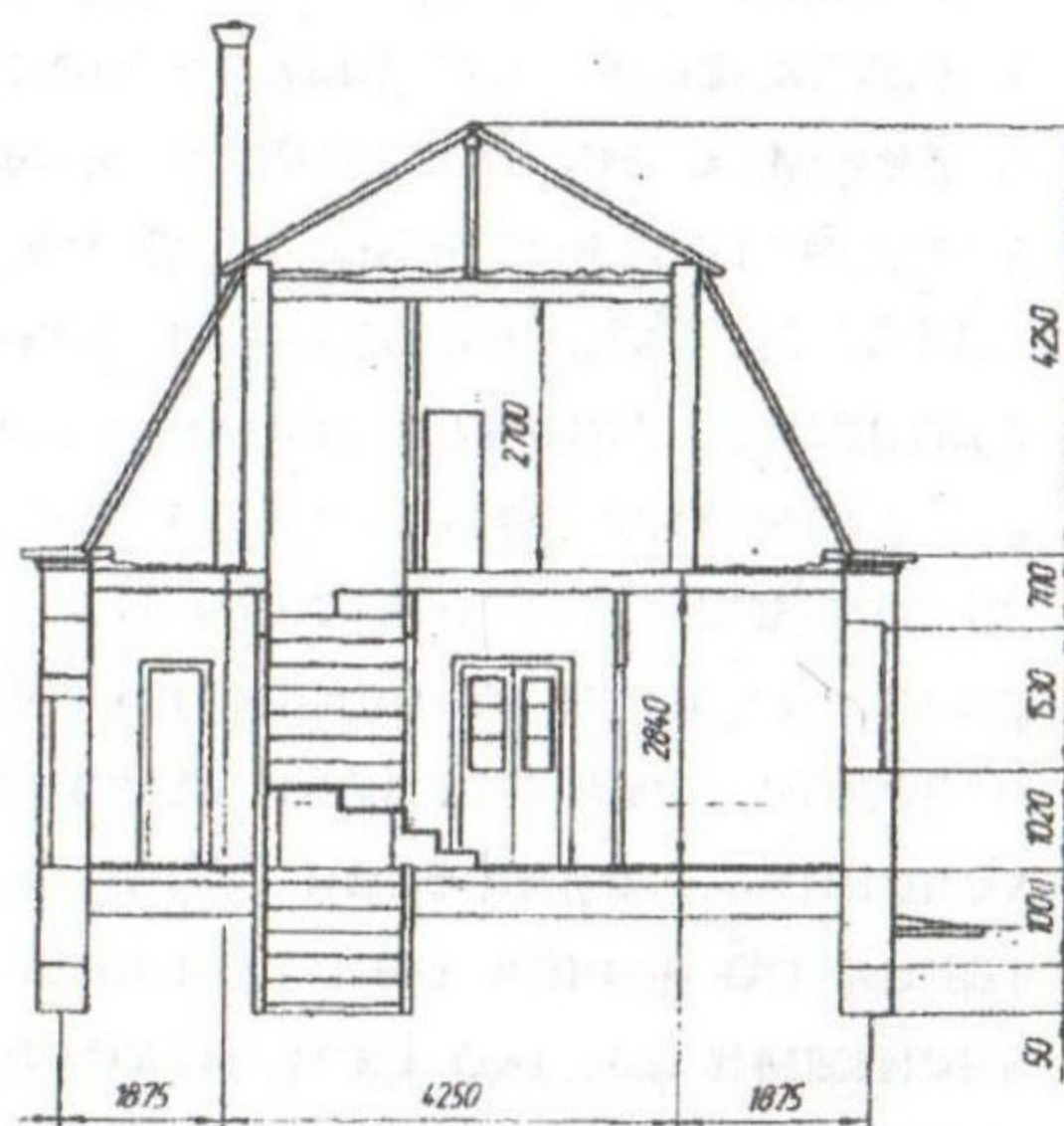
цемент  $3,6 \text{ т} \times 800$  грн/т = 2880 грн

песок  $12 \text{ куб.м} \times 250$  грн/м<sup>3</sup> = 3000 грн

Итого 101880 грн



План 1-го этажа



Разрез по 1-1

№ п/п	Наименование	К-во
1	Объем стен 1-го этажа	54,94
2	Объем стен мансарды	22,25
3	Объем фронтонов	1,47
	Итого	78,65

Учитывая то, что работы по возведению малоэтажной застройки производятся в основном в периферийных районах, расходы по доставке материалов с учетом погрузочно-разгрузочных работ могут составлять до 20% их стоимости, что по приблизительной оценке будет близка:  $10180 \times 0,2 = 20376$  грн. Трудоемкость возведения стен в два кирпича с расшивкой по ЕНиР составит:  $80 \text{ м}^3 \times 3,5 = 280$  ч-час. При средней стоимости одной ч.-см. труда каменщика порядка 150 грн. зарплата рабочих выполняющих кладку стен составит 5250 грн.

В итоге общая сумма затрат на выполнение несущих стен коттеджа по первому варианту составит:  $121880 + 20376 + 5250 = 127506$  грн.

По второму варианту возведение несущих стен коттеджа предлагается выполнить из композита, конструктивная составляющая которого представляет собой пространственный каркас, состоящий из железобетонных стоек и ригелей, к которым снаружи и изнутри крепятся на дюбелях тонкостенные армоцементные оболочки.

Расчет потребного количества оболочек для возведения коттеджа приведен в табл.2. Они состоят из отдельных пластин, изготовление которых механизированным способом стало возможным в связи с изобретением нового бетонометного устройства [3]. Это устройство впервые изготовлено и опробовано в ОНИЛ ТМБР при ХНАГХ. Мобильный образец такого устройства располагается в процессе производства работ в непосредственной близости от строящегося объекта или группы объектов, при массовой малоэтажной застройке. В этом случае сокращаются до минимума транспортные расходы, а также исключаются возможные повреждения тонкостенных изделий при погрузо-разгрузочных работах и транспортировании в условиях периферии. Для обеспечения требуемого уровня качества таких оболочек они должны армироваться проволочными сетками с ячейками близко 1 см, исходя из расчета расхода стали в 1 м<sup>3</sup> бетона в количестве не менее 300-350 кг и цемента в 1 м<sup>3</sup> песчаного бетона 700-800 кг. При общей площади армоцементных оболочек равной 350 м<sup>2</sup> и толщине оболочек 20 мм суммарный расход армоцемента будет равен:  $350 \times 0,02 = 7,00$  м<sup>3</sup>; в котором, если исходить из максимума, расход цемента составит:  $800 \times 7 = 5,6$  т или в объемных единицах  $5,6 / 3,1 = 1,8$  м<sup>3</sup>. Объем воды затворения при В/Ц=0,32 составит  $V = Ц \times Б/Ц = 800 \times 0,32 = 256$  л. Объем песка в абсолютно плотном состоянии составит:  $7 - 1,8 - 0,256 = 4,944$  м<sup>3</sup>. С учетом того, что песок на строительную площадку доставляется в разрыхленном состоянии и принимая, как наиболее вероятный, показатель пустотности песка

близким 0,35, необходимое для производства количество песка составит - 7,6 м<sup>3</sup>. В результате получим следующий расход материалов и их стоимость: цемента - 5,6 т x 800 = 4480 грн., песка - 7,6 м<sup>3</sup> x 250 = 1900 грн., сетки ст. - 2,0 т x 3000 = 6000 грн., что в сумме составляет 12380 грн.

Таблица 2

№ п/п	Наименование	кв.м
1	Оболочка стен первого этажа	164
2	Оболочка внутренних стен	38
3	Оболочка стен мансарды	148
	Итого	350

Производительность установки на данном этапе составляет 50 м<sup>3</sup> в час. Весь объем работ по возведению стен выполняется за 7 смен. С учетом числа рабочих обслуживающих установку в количестве 4-х человек и рабочих занятых на участке подготовки форм и распалубки в количестве 6 человек общие трудозатраты составляют (4+6)x7= 70 ч.-см. При зарплате 100 грн/см стоимость трудозатрат составит 70x100=7000 грн. Аналогично вычислялись показатели расхода материалов, трудозатраты и стоимость при формировании стержневых элементов каркаса. При этом общая сумма затрат составляет 29068 грн. В результате сравнения вариантов имеем: 127750/29068=4,4. Таким образом, стоимость возведения несущих стен коттеджа по второму варианту, с применением нового композита будет в 4,4 раза ниже стоимости возведения стен по первому варианту - из кирпича.

Литература.

1. П.Л.Нерви. Строить правильно.-М.:Госстройиздат. 1956г. - 162 с.
2. К.В.Сахновский. Армоцемент как материал для покрытий.// Армоцемент и армоцементные конструкции: Сб.БТИ. Главленинградстроя. -Л.,1959.С 12-15.
3. Гусев Б.В., Дюженко М.Г. Кондращенко В.И., Носальский С.А. Метательное устройство для укладки и уплотнения бетонных и др. строительных смесей. Патент России № 2217302 Кл. В 28 Бюл. № 33 от 27.11. 2003.

Слеська державна академія  
будівництва та архітектури

654623

БІБЛІОТЕКА