

**УДАРНО-ИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ УПЛОТНЕНИЯ
БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ – КАК ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ,
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ, ЭНЕРГО-
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
АРМОЦЕМЕНТА И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕГО**

Дюженко М.Г., Бабиченко В.Я., Данелюк В.И. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина), Качура А.А., Войтюк Ю.В., Третинник А.Н. (Харьковская национальная академия городского хозяйства, Украина)

Задача снижения собственного веса сооружений и конструкций современного строительства продолжает оставаться актуальной. В настоящее время весьма перспективным направлением решения этой проблемы может стать широкое применение конструкций и изделий из армоторкрета, являющегося аналогом хорошо известного армоцемента, который давно привлекал внимание строителей.

Внедрение армоцемента, как разновидности железобетона, вполне перспективно в практике современного строительства в связи с наметившейся 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 качества, заканчивались всегда строительством единичных объектов, возводимых вручную и дальнейшего распространения не получили.

Неоднократные попытки применения армоцемента на объектах, возведение которых производилось с применением метода торкретирования также успеха не имели. Поскольку этот метод очень энергоемок, а для его реализации требуется дорогое технологическое оборудование, основанное на пневматике с низким к.п.д.. Поэтому торкретирование применяют только на особо важных объектах в случаях действительной необходимости.

Выход из создавшегося тупика был найден благодаря созданию в отраслевой лаборатории технологии и механизации производства бетонных работ при Харьковской национальной академии городского хозяйства, впервые в практике мирового строительства, бетонометного устройства для механического торкретирования. Это устройство защищено патентами России и США, дальнейшая работа по его усовершенствованию и патентованию продолжается. Опытно-промышленный экземпляр этого устройства изготовлен и смонтирован в лаборатории с помощью предприятий г. Харькова ОАО Харьковметрострой и "Южспецстрой". Работа в данном направлении была включена в программу НИР Министерства образования и науки Украины. Целью работы являлось создание комплекса организационно-технологических решений направленных на выбор параметров процесса производства тонкостенных армоцементных изделий изготавливаемых непосредственно на территории строительной площадки.

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 П.А.Ребиндера, О.П.Мчедлова-Петросяна и учениками их школы (В.И.Бабушкиным, А.Ф.Полаком, М.Г.Дюженко, И.А.Емельяновой, Л.Г. Филатовым и др.) в технологии производства тонкостенных изделий предельно малой толщины (10-25мм) и повышенной прочности.

Новизна способа ротационно-силового уплотнения, реализуемого посредством усовершенствованного метательного устройства, заключается в том, что вводится одностадийный процесс производства бетонных работ, вместо традиционного двухстадийного процесса, когда вначале на отдельном посту (или транспортных средствах) производится дозировка и перемешивание компонентов бетонной смеси с применением специального дозировочного 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 сил тяжести и вибрационного побуждения.

При формовании методом ротационно-силового 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 сокращаются трудоемкость, машиноёмкость и энергозатраты.

Следует отметить, что вначале все работы в области ротационно-силового бетонирования производились применительно к укладке с уплотнением тяжелого бетона, в процессе производства крупногабаритных конструкций и массивов, где объемы исчислялись десятками и даже сотнями кубометров в час. Поэтому снижение энергозатрат, трудоемкости и машиноемкости оказалось весьма существенным. По этим показателям ротационный бетон оказался рентабельнее в 2-3 раза по сравнению с обычным бетоном вибрационного уплотнения.

Однако в случае применения мелкозернистых бетонных смесей, а именно такие смеси применяются для получения армоцемента, только благодаря разработке роторного метателя удалось достичь положительных результатов и завершить разработку новой, ударно-импульсной технологии бетонирования, обеспечивающей 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 свежеложенного мелкозернистого бетона минимально возможной пористости.

При этом правило водоцементного отношения определяющее консистенцию смеси и корреляционно связанное с прочностью бетона, 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 недостаточно и может достигаться только путем повышения интенсивности прилагаемых к бетону воздействий, например, вибрации с пригрузом, прессования или приложения живой силы, как это реализуется в ударно-импульсной технологии. В конечном итоге достигается предельное состояние рассматриваемой системы, при котором все частицы твердой фазы, составляющие скелет, контактируют между собой на минимально возможных расстояниях, занимая, при этом максимально возможный объем, а уменьшение количества жидкой фазы в оставшемся пространстве между частицами твердой фазы, может только приводить к появлению и дальнейшему возрастанию сухой пористости и снижению прочности.

Общий вид бетономета и схема узла формования представлены на рис. 1. Как показано на схеме рис. 1, он состоит из двухуровневой рамы (на схеме не показано), в верхнем уровне которой смонтирован питатель-дозатор, состоящий из расходного бункера 1, ленточного транспортера 2 и калибрующего барабана 3. Внутри расходного бункера размещены побудители 4 для равномерного распределения смеси по всему сечению выходного отверстия расходного бункера. Регулирова-

ние толщины слоя сырьевой смеси выдаваемой питателем производится посредством регулирующей заслонки, установленной на передней стенке бункера. Окончательное выравнивание толщины выдаваемого слоя производится посредством калибрующего барабана 3, размещенного между ребордами 6, которыми снабжен приводной барабан питателя [1,2].

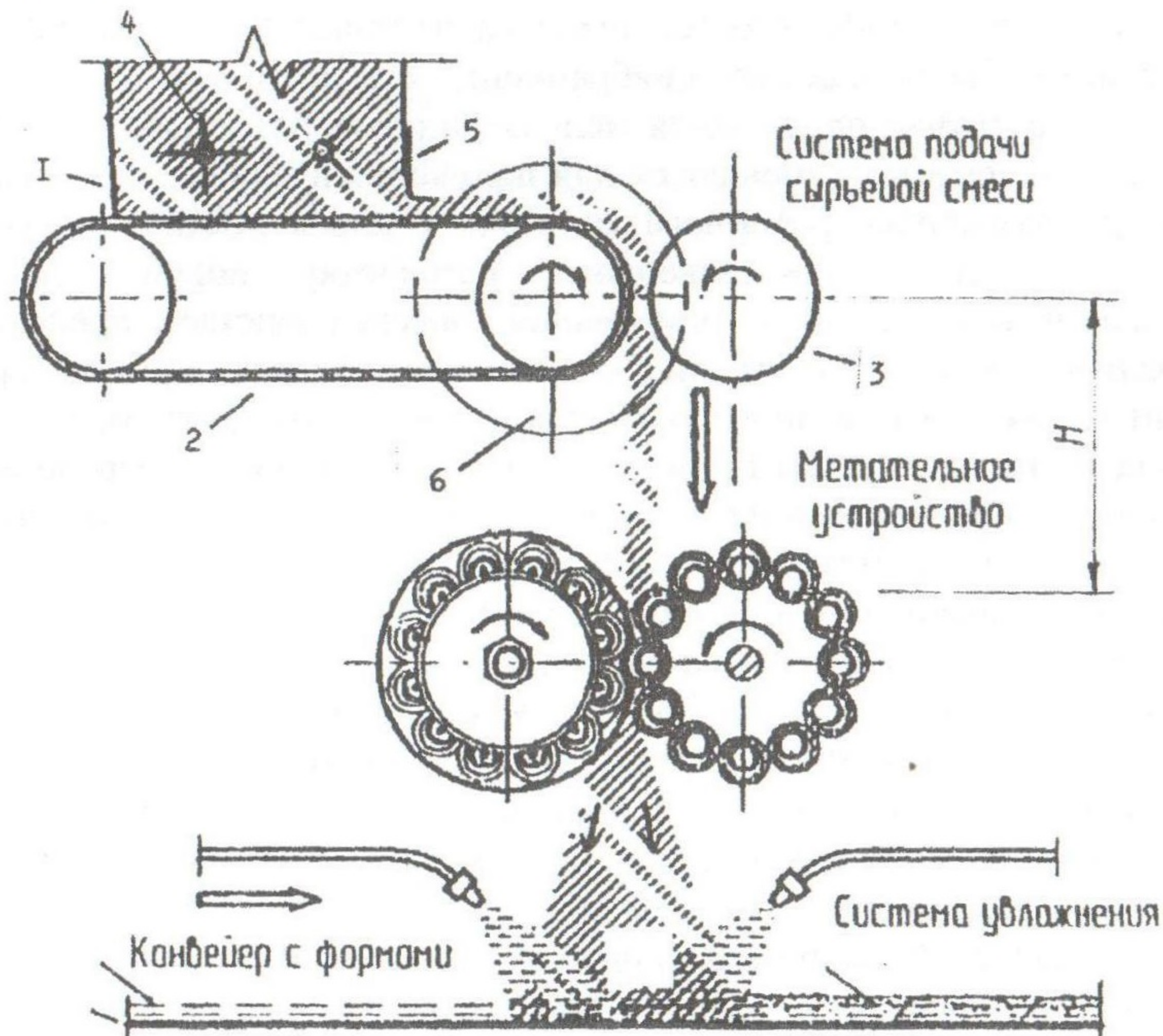


Рис. 1. Схема узла формирования

В нижнем уровне под питателем-дозатором, на некотором расстоянии - H от него размещено роторное метательное устройство, представляющее собой систему, состоящую из двух метателей встречного вращения, каждый из которых снабжен автономным приводом. Одной из важнейших особенностей конструкции роторов является то, что они в любом положении на валах относительно друг друга контактируют между собой, как это показано на расчетной схеме, приведенной на рис.2. Благодаря этому зазор между роторами всегда перекрыт. Это исключает захват и перемещение воздушных масс с образованием вихрей, нарушающих равномерность подачи смеси к метателям, а также исключает потери части смеси которую бы вихри могли уносить в ок-

ружающее пространство, нарушая при этом экологическую обстановку на территории строительства. Образующийся между тремя трубчатыми элементами каналы, выполняют две функции: во-первых они являются шлюзами, в которых захватываемые роторами элементарные порции сырьевой смеси перемещаются - из рабочего пространства роторов, расположенного со стороны питателя, в рабочее пространство, расположенное со стороны объекта бетонирования, что может быть некоторым массивом, в случае бетонирования каких либо сооружений из монолитного бетона, или конвейерной линией, транспортирующей формы при выпуске сборных изделий; во-вторых осуществляют основную операцию в процессе ударно-импульсного уплотнения, производя метание захватываемых порций сырьевой смеси в сторону бетонированного объекта, одновременно преобразуя их в поток дискретных частиц, основным параметром которого является скорость движения элементов потока, что регулируется частотой вращения роторов.

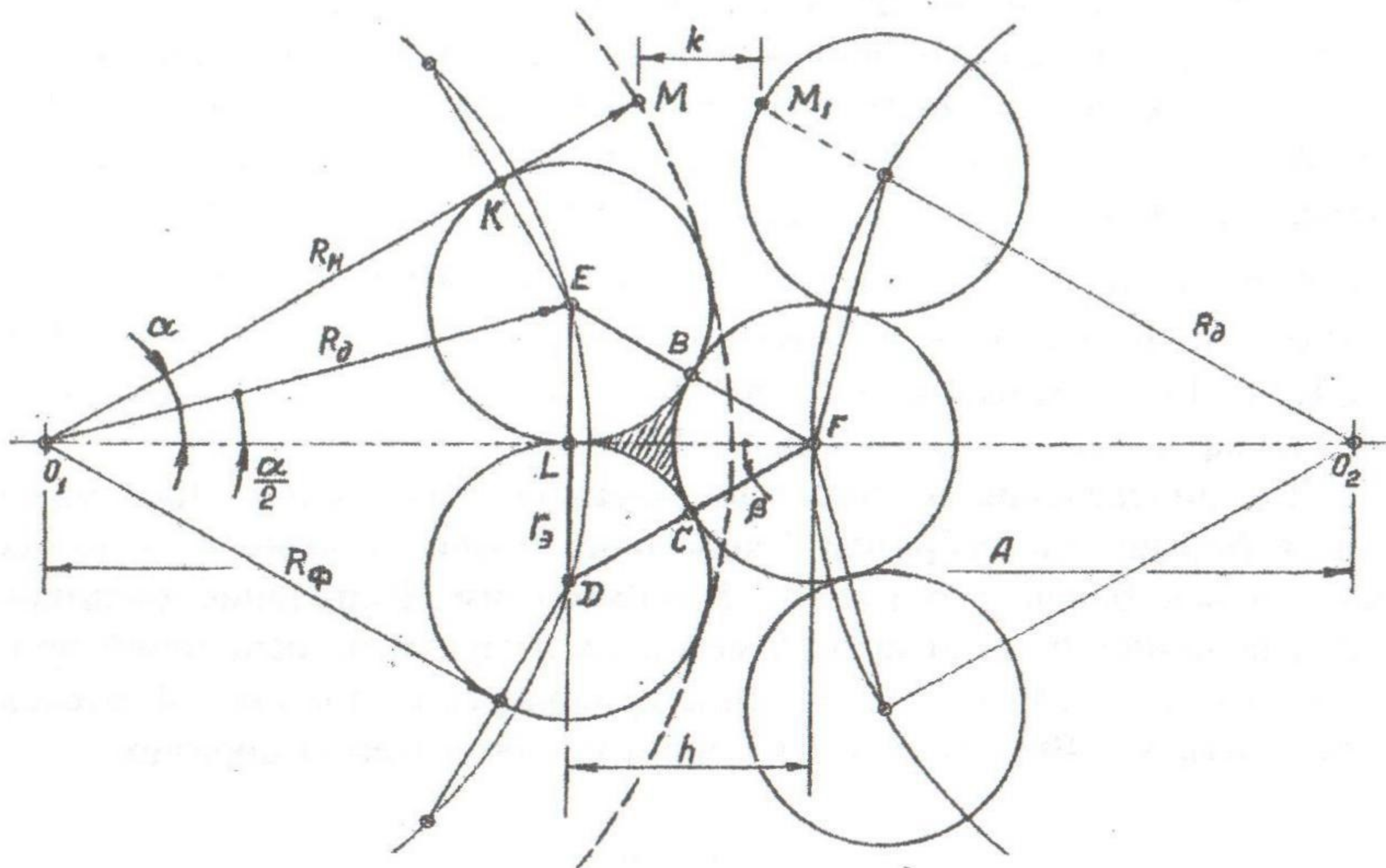


Рис. 2. Расчетная схема для определения основных параметров метательного устройства

В процессе конструкторской проработки все параметры метательного устройства, выражаемые в линейных единицах, были пронормированы и объединены в общую систему, математической моделью которой является алгоритм, представленный в виде блок-схемы на рис.3.

Здесь в качестве нормативной единицы принят размер внешнего радиуса r_3 . Расчетные формулы в составе блок-схемы получены из анализа фрагмента геометрической схемы метательного устройства представленного на рис.2, на котором приняты следующие обозначения: r_3 - радиус трубчатого элемента; N - число элементов установленное на роторе; α - угол между двумя радиусами делительной окружности, проведенными из центра к точкам деления; R_0 - радиус делительной окружности; $R_{\text{н}}$ - радиус окружности, ограничивающий ротор снаружи; h - высота равностороннего треугольника ограниченного тремя диаметрами трех соприкасающихся между собой трубчатых элементов; $R_{\text{ф}}$ - внешний радиус фигурных дисков, на которые опираются трубчатые элементы; A - межцентровое расстояние между двумя метателями, смонтированными в общем блоке; H - расстояние между питателем-дозатором и метательным устройством [3].

Экспериментальные исследования процесса формования проводились на опытно-промышленном образце устройства, смонтированного в лаборатории технологии и механизации бетонных работ НИСа ХНАГХ. Основные параметры устройства были приняты следующие: внешний радиус ротора $R_{\text{н}} = 135$ мм; радиус трубчатого элемента $r_3 = 28$ мм; число элементов $N = 12$; межцентровое расстояние $A = 260$ мм. Частота вращения роторов варьировалась в пределах 1000-3000 об/мин. При этом окружная скорость, а следовательно и скорость частиц дискретного потока составляла 15-45 м/с.

Для определения прочностных характеристик получаемого материала формовались образцы в виде плит толщиной 40 мм из которых вырезались балочки размером 40x40x160 мм. Испытания образцов производились по стандартной методике. Результаты испытаний приведены в табл.1. В этой же таблице приводится состав смесей, расход цемента марки 400, плотность и пористость получаемых образцов.

Вывод

Как следует из результатов испытаний экспериментальные данные оказались близки к расчетным. Отклонения результатов отдельных образцов от их средних значений не превышают 5 %.

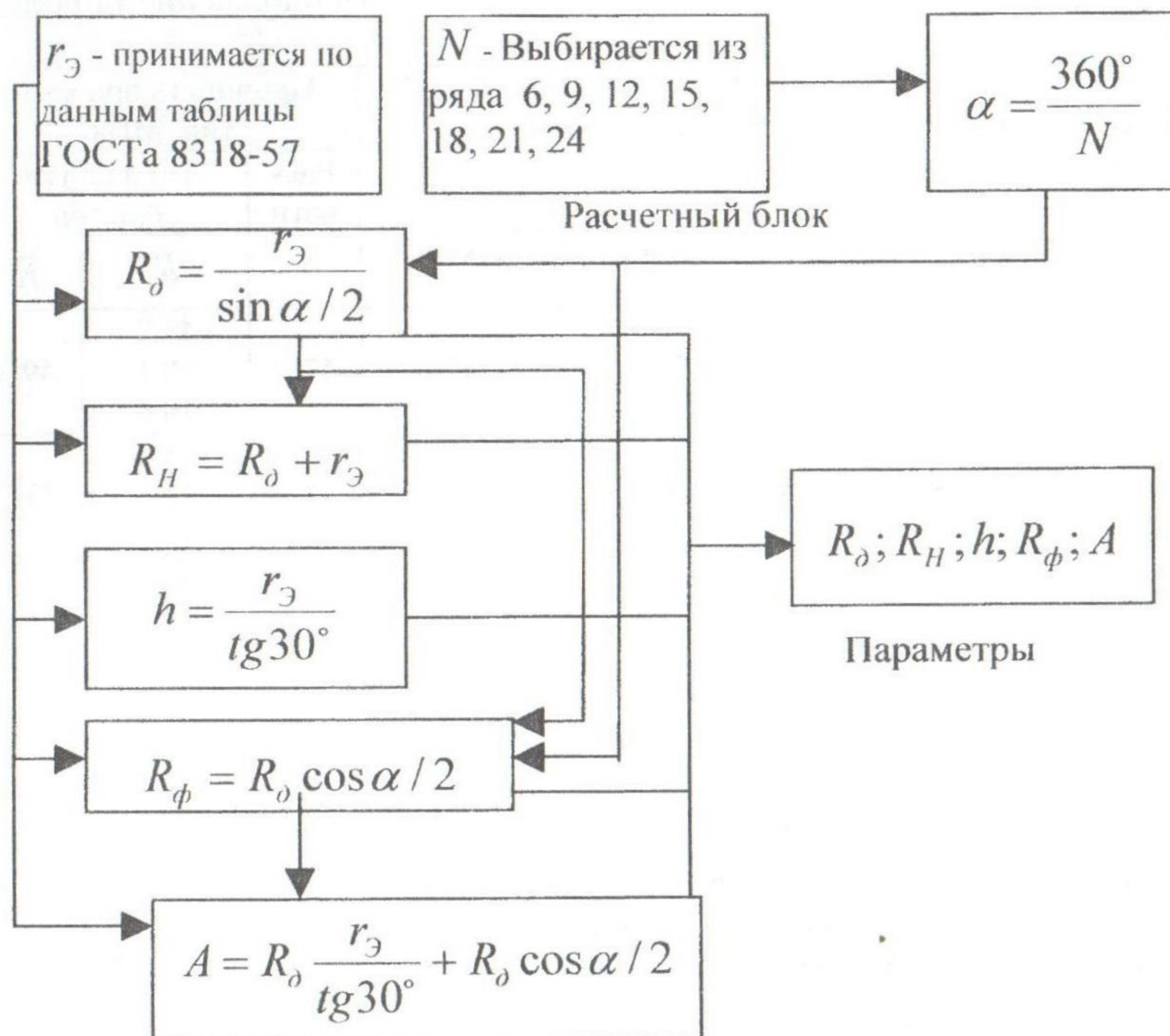


Рис. 3. Блок-схема расчета конструктивных параметров металлического устройства

Таблица 1
 Основные показатели процесса и свойств бетона ротационно-силового уплотнения

Со- став по весу	Расход цемента	$\frac{B}{Ц}$	Плотность кг/м ³		Прочность при сжа- тии, МПа		
			Расчетн.	Фактич.	Рас- четн	По данным опытов	
						R_i	\bar{R}
1:2	700	0,28	2346	2299	52,9	53,2 53,9 53,1	53, 4

Со- став по весу	Расход цемента	$\frac{B}{Ц}$	Плотность кг/м ³		Прочность при сжа- тии, МПа		
			Расчетн.	Фактич.	Рас- четн	По данным опытов	
						R_i	\bar{R}
1:2,5	609	0,52	2561	2326	47,0	48,2 50,1 49,6	49,3
1:3	559	0,55	2375	2549	44,1	45,2 42,6 45,5	43,7
1:4	438	0,38	2387	2563	39,2	36,4 37,7 38,7	36,6

Литература

1. Войтюк Ю.В., Гончар В.Г., Дюженко М.Г. и др. Расчет конструктивных параметров безвихревого роторного метателя для механического торкретирования // Материалы к 43-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов. МОК43, Одесса "Астропринт", 2004. 196-197с.

2. 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.

3. Дюженко М.Г., Ицексон Б.И. Экологизация системы оборудования природоохранных технологий в строительстве и промышленности строительных материалов // Сб. трудов научно-практической конференции "Международные проблемы экологической безопасности", Сумы - 2002. С.8-14