

На правах рукописи

Ицексон Борис Иосифович

УДК 693.54:022.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ ПЛОСКИХ
БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА УСТАНОВКАХ
РОТАЦИОННО-СИЛОВОГО УПЛОТНЕНИЯ

05.23.05 - Строительные материалы и изделия

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков - 1993



00814777 (Y)

Работа выполнена в Харьковском
городского хозяйства.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Дженко М.Г.

Официальные оппоненты - доктор технических наук
Емельянова И.А.
кандидат технических наук
Кондращенко В.И.

Ведущая организация - трест Южспецстрой г.Харьков

Защита состоится " 2 " июля 1993 г.
в 14 час, на заседании специализированного совета
Д 068.33.01 при Харьковском инженерно-строительном
институте по адресу: 310002, г.Харьков, ул. Сумская, 40

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Автореферат разослан " 2 " сентября 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
д.т.н., профессор

Ушеров-Маршак А.В.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

А к т у а л ь н о с т ь р а б о т ы. В строительстве, в недалеком прошлом, сейчас и в обозримом будущем железобетон является одним из основных конструкционных материалов. Поскольку прочность и др. физико-механические показатели бетона, важные с точки зрения конструктора, являются функциями его водоцементного отношения на протяжении всего периода развития науки о бетоне идет постоянный поиск способов и устройств, которые бы позволили снизить расход воды в бетоне и, в то же время, обеспечили достаточную степень его уплотнения. При этом развитие технологии шло, в основном, по двум направлениям. Первое направление - разработка и внедрение эффективных средств и способов уплотнения с применением вибрации, удара, давления и т.п. Второе - введение добавок в бетонную смесь, повышающих ее пластичность и удобоукладываемость без значительного разжижения смеси водой. Повидимому, эти два направления в массовой технологии бетона и железобетона себя исчерпали, а уровень показателей (прочности, непроницаемости, морозостойкости, химической стойкости и др.) которыми характеризуется качество конструкций и изделий, выпускаемых предприятиями стройиндустрии, или возводимых из монолитного бетона, близок к своему предельному значению.

Достичь коренных преобразований в этой области можно только с привлечением новых идей, на принципиально иной технической основе. Перспективным направлением в данном случае является давно известная, но по ряду причин еще не получившая широкого развития струйная технология бетона, при осуществлении которой структура бетона формируется из отдельных частиц, разгоняемых посредством специальных устройств до некоторой скорости движения. При этом стадия бетонной смеси практически отсутствует, так как при формировании слоя, отдельные компоненты бетона, будучи равномерно распределенными, вступают в контакт и взаимодействуют между собой непосредственно в форме или опалубке.

Создаваемая, таким образом, структура близка к оптимуму и не нуждается в дальнейшем в какой-либо механической обработке, так как это может привести только к разуплотнению слоя, о чем свидетельствует практика торкрета или шприц-бетона.

Существенным недостатком струйной технологии, реализуемой на основе пневматики, является значительная энергоемкость процесса. Многочисленные попытки заменить пневматику механическими устройствами, позволяющими снизить энергозатраты до обычного уровня, показали перспективность этого направления. Однако весьма существенной ошибкой их внедрения была, на наш взгляд, попытка использования их только на второй стадии т.е. для уплотнения готовых бетонных смесей, что явно не логично, так как в процессе переработки роторами смесь снова разделяется на отдельные компоненты, которые вновь объединяются в систему при формировании слоя бетона.

Работа выполнялась в соответствии с заданием 05-Q3 ТЮ НТП 0.55:08, утвержденной Госстроем СССР, ГКНТ СССР и Госпланом СССР и комплексной программой разработки и внедрения наплавного способа строительства энергетических объектов, утвержденной Минэнерго СССР 11.11.1987 г.

Ц е л ь р а б о т ы. Разработать технологию получения бетона непосредственно из частиц дискретного потока, минуя стадию бетонной смеси, и образовать на этой основе ряд цементно-бетонных композиций (включая фибробетон) реализуемых на практике при выпуске плоских или стержневых изделий различной номенклатуры.

Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи:

- разработать новую конструкцию метательного устройства для нанесения ротационного бетона на наклонную поверхность;
- выбрать и обосновать параметры этого устройства;

- разработать математическую модель процесса формирования слоя ротационного бетона на наклонной поверхности;

- определить технологические режимы (скорость движения частиц дискретного потока в т.ч. отраженных от направляющего ротора) и параметры процесса ротационно-силового уплотнения (распределение концентраций частиц дискретного потока в отдельных секторах угла рассеивания) на базе новых конструктивных решений формуемого устройства и их влияние на структуру и свойства бетона (и фибробетона);

- разработать технологическую линию формирования изделий из бетона и железобетона методом ротационно-силового уплотнения, определить ее технологические параметры и выдать рекомендации по использованию оборудования для формирования тротуарных плит;

- апробировать результаты исследования в производственных условиях.

Н а у ч н а я и д е я. Установление и целенаправленное использование закономерностей в регулировании питающего потока компонентов композитных смесей, формировании структуры слоя ротационного бетона (фибробетона) на наклонной поверхности, методом статистического оценивания.

Р а б о ч а я г и п о т е з а. Предполагается, что если при перемещении цепного конвейера с формами, смонтированного под углом 35° к горизонту, относительно трехроторного метателя, частицы дискретного потока (зерна крупного заполнителя) попадают на участки поверхности, еще не достаточно покрытые смесью (менее 5 % в зоне левее точки - $I,5G$, на оси абсцисс), то они отражаются и падают правее указанной точки, где покрытие смесью более 10 %, поэтому зерна отскока будут замоналичены в теле бетона изделия, не нарушая его структуру.

Н а у ч н а я н о в и з н а р а б о т ы.

I. Разработаны элементы теории распределения частиц в отдель-

ных секторах угла рассеивания и на этой основе рассмотрен процесс формирования слоя ротационного бетона из частиц дискретного потока на наклонной поверхности, минуя стадию бетонной смеси.

2. Исследован процесс вибропобуждения бетонной смеси в расходном бункере и определены параметры: частота и амплитуда колебаний, в результате чего получены данные для разработки новой конструкции питателя-дозатора и системы, обеспечивающей равномерную, строго дозированную подачу бетонной смеси или ее компонентов к метательному устройству.

3. Разработана методика расчета концентрации частиц в различных секторах угла рассеивания и расчета количества бетона формируемого на различных участках зоны распределения.

4. Проведены исследования свойств ротационного бетона при длительных сроках эксплуатации и на основании прямых испытаний получены данные подтверждающие высокую степень стойкости и долговечности этого материала.

П р а к т и ч е с к а я ц е н н о с т ь .

1. Прикладные вопросы теории, разработанные в диссертации, получили практическое воплощение в проектировании формующих устройств ротационно-силового уплотнения и средств комплектации к ним в виде систем подачи и дозировки смеси, перемещения форм, разгрузки конвейера и т.п.

2. Полученные математические модели, устанавливающие связь между свойствами материала, составом смеси и параметрами производства работ на новом оборудовании, используются в технологических расчетах составов новых композитов, например, состоящих из бетонной матрицы и дисперсно расположенных армирующих волокон (фибры), получаемых без предварительного перемешивания исходной смеси.

3. Создана и смонтирована в лаборатории гидравлики Московского института НАТИ экспериментальная технологическая линия, содержащая

узлы для получения стальной фибры, введения фибры в поток и формования, осуществляемому по способу ротационно-силового уплотнения, изделий из фибробетона. Линия снабжена гидроприводом и управляется компьютером, в программу работы которого заложен ряд зависимостей полученных в настоящей работе.

4. На основании проведенных исследований разработан проект автоматизированной технологической линии для производства тротуарных плит годовой производительностью 3 млн. штук.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается их экспериментальной проверкой, с применением стандартных методик и уровнем значимости результатов опытов - 0,95. Достоверность при определении физико-механических показателей ротационного бетона, в зависимости от технологических режимов и параметров оборудования, обеспечивается многократным повторением результатов. Кроме того достоверность результатов при оценке долговечности ротационного бетона подтверждаются данными его испытания в возрасте 20 лет.

Внедрение полученных результатов.

Разработанные в процессе проведения исследований технологические процессы и устройства для их реализации получили практическое применение на предприятиях индустриальной базы строительства:

- для производства тротуарных плит в г.Тбилиси на опытном заводе ЦО ГрузНИИстром;

- для производства плит НПК, свай, тротуарных плит и др. изделий на Лилойском заводе ЖБИ треста "Водстройматериалы" в г.Тбилиси;

- в настоящее время на Московском заводе "Компрессор" ведется монтаж технологической линии для производства тротуарных плит производительностью 3 млн. штук/год.

А п р о б а ц и я. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава МИСИ, ХИИГХ, ХИСИ с участием представителей производства,

научно-исследовательских и проектных организаций в период 1988-93г.

- на объединенной сессии НИИ Закавказских республик в г. Тбилиси, 1987 г.

Установка для производства тротуарных плит, а также образцы продукции демонстрировались на ВДНХ Гр.ССР и были отмечены премией выставки. Партия плит уложена на территории института ГрузНИИ-стром.

П у б л и к а ц и и. Основное содержание работы изложено в трех отчетах по научно-исследовательской работе кафедры технологии строительного производства и строительных материалов Харьковского института инженеров городского хозяйства, 5 статьях в сборниках и публикациях НИИТИ. В процессе выполнения работы получено 4 авторских свидетельства СССР, по заявкам поданным в Госкомизобретений СССР получено 3 положительных решения на выдачу 2-х авт.свид. и патента.

О б ъ е м р а б о т н. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, общих выводов, списка использованных источников и приложения. Содержит страниц машинописного текста, рисунков, таблиц наименований библиографии.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. В диссертации проведено сопоставление методов пневматического и механического набрызга. Рассмотрены работы Н.А.Агрыzkова, Г.П. Бовина, И.Л.Воллера, П.И.Глужге, С.И.Дружинина, Г.Б.Ивянского, Е.Б. Кузякиной, Н.С.Марчукова, В.М.Мосткова, В.И.Савина, М.З.Симонова, О.Графа, О.Дрегслера, Р.Линдера в области пневматического набрызга, реализуемого на практике в виде "сухого" или "мокрого" торкретирования и шприц-бетонирования. В ряде работ на многочисленных примерах показано, что набрызг-бетон может рассматриваться, как долговечный конструкционный материал с высокими физико-механическими показателями. Однако из-за высокой энергоемкости этот метод имеет ограничен-

ное применение. Как альтернативный метод, позволяющий использовать ценные свойства набрызг-бетона при удельных энергозатратах соизмеримых с энергозатратами в массовой технологии бетона и железобетона рассмотрен метод механического метания, область применения которого в настоящее время начинает расширяться.

Среди опубликованных работ касающихся исследований технических средств и технологии механического метания наиболее широко представлены исследования проведенные в литейной промышленности, где метод механической наброски применяется для набивки опок. Нами рассмотрены работы Н.П.Аксенова, П.Н.Аксенова, Р.Л.Геллера, В.М.Гребенникова, Л.А.Израйлевича, Г.М.Орлова и др. исследователей. Работы касающиеся применения механического метания в практике производства бетонных работ не многочисленны. Наиболее значительные исследования проведены Я.Л.Капланским во ВНИИЖелезобетон с применением мелкозернистых составов. Метанием мелкозернистых смесей ограничиваются также исследования проведенные Сеестрандом Л. в Таллинском институте силикатного бетона. Особого внимания в этих работах заслуживает то, что опыты проводились с применением двухроторной метательной головки, отличающейся высокой производительностью и по расходу энергии являющейся наиболее экономичной. При соответствующей модернизации она может быть использована и для метания бетонных смесей с крупным заполнителем, что показано в работах И.А.Емельяновой с сотрудниками. Метод метания в строительстве реализован благодаря разработке группы устройств ротационно-силового уплотнения и уже накоплен некоторый опыт их эксплуатации при выпуске железобетонных свай, труб и др. изделий. Вместе с тем возникли трудности при попытке использования таких устройств для формования изделий с повышенными требованиями к качеству лицевой поверхности. Основной причиной снижающей качество является отскок. Это явление свойственно всем способам струйной технологии. Появляется он в следствие случайных соуда-

рений твердых частиц дискретного потока (зерен заполнителя) с какой-либо упругой поверхностью: металлической, каменной, бетонной и т.п. Такое явление может иметь место или в начале процесса, когда форма еще не покрыта слоем наносимой смеси или в ходе процесса, когда соударения происходят между зернами движущимися в потоке и зернами выступающими на поверхности укладываемого слоя, еще не покрытыми слоем растворной составляющей. Соответствующим подбором состава заполнителей отскок можно уменьшить, сведя его к некоторому минимуму, однако полностью исключить его не представляется возможным. Поэтому меры предупреждающие отрицательное влияние отскока должны сводиться к разработке способов и устройств позволяющих управлять отскоком или выводя его из технологического процесса (как это производится при набрызге с применением средств пневматики) или направлять отскок таким образом, чтобы он в виде отдельных пассивных зерен (потерявших свой запас кинетической энергии) снова возвращался в поток и замоналичивался в слое бетона под воздействием активных элементов потока.

Впервые устройство позволяющее управлять отскоком было предложено М.Г.Дюженко в виде дифференциальной метательной головки и некоторых ее модификаций. Такое устройство оказалось достаточно эффективным при формировании массивных изделий, однако полностью устранить отрицательное влияние отскока с применением асимметричных метательных головок не представляется возможным, особенно при формировании изделий с повышенными требованиями к качеству структуры и лицевой поверхности.

2. Общий вид метательного устройства усовершенствованного образца, в котором устранены указанные выше недостатки показан на рис.1. Основным отличительным признаком устройства является то, что конвейер I с формами установлен по отношению к горизонту под некоторым углом γ , составляющим $30-45^{\circ}$. Над конвейером смонтирована

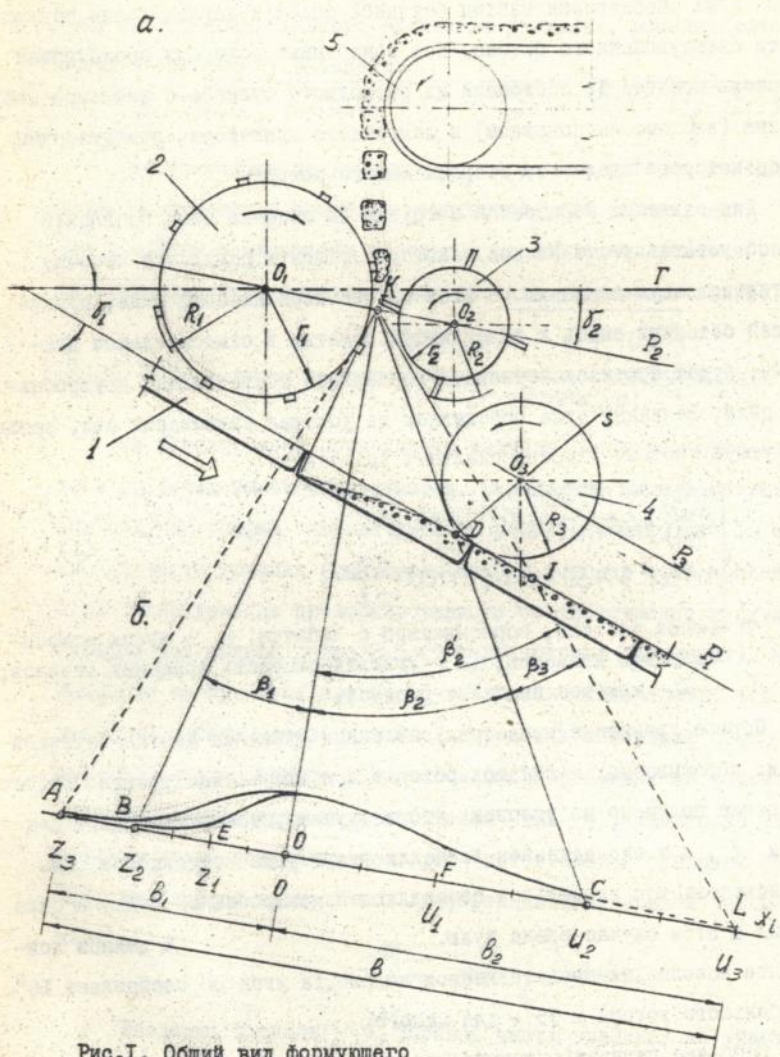


Рис. I. Общий вид формирующего устройства

а - формирующий узел; б - дифференциальный график распределения

уплотняющая система, состоящая из трех роторов. Два из них 2 и 3 являются лопастными, ротор 4 - гладкий, выполняющий функции ограничения угла рассеивания частиц бетонной смеси и заглаживания поверхности свежеуложенного бетона. Над лопастными роторами смонтирован питатель-дозатор 5, состоящий из расходного бункера с системой побуждения (на схеме не показаны) и ленточного конвейера, разгрузочный конец которого введен со стороны малого ротора.

Для снижения абразивной нагрузки на лопатки нами предложен способ устанавливать их под некоторым углом к радиусу в сторону противоположную вращению. В этом случае кориолисовой силе, прижимающей бетонную смесь к поверхности лопатки в относительном движении, будет противодействовать нормальная составляющая центробежной силы. Величину угла определяем из условия равновесия сил, решая следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{m d^2 r_x}{dt^2} = m \omega^2 r_x \cos \alpha \\ m \omega^2 r_x \sin \alpha = 2 m \omega \frac{dr_x}{dt} \end{cases} \quad (I)$$

где: m - масса частицы, сбрасываемой с лопатки; t - время относительного движения; ω - угловая скорость вращения роторов; r_x - текущее значение радиуса.

Первое уравнение является уравнением движения частиц бетонной смеси, сбрасываемых с лопаток роторов при отсутствии трения. Второе уравнение получено из условия, что в случае установки лопаток под углом α , при определенном значении этого угла кориолисова сила уравновешивается нормальной составляющей центробежной силы, а сила трения в этом случае равна нулю.

В данном конкретном исполнении представленном на рис.1а угол α составляет 16° для большого ротора и 35° - для малого.

Основные параметры потока: скорость движения частиц и угол рассеивания обеспечиваются выбором соответствующих числовых значе-

ний параметров метательной головки: отношения радиусов и окружной скорости роторов. Аналитически значение скорости может быть получено из дифференциального уравнения движения, решение которого приводит к следующему выражению:

$$v_{\alpha\alpha} = \omega \sqrt{R^2 + \cos\alpha(R^2 - r^2) - 2r \sin\alpha \sqrt{(R^2 - r^2) \cdot \cos\alpha}} \quad (2)$$

Выбрасываемые из рабочего пространства роторов частицы движутся по инерции в пределах некоторого угла рассеивания. Рассмотрим движение в плоскости перпендикулярной осям вращения роторов получим следующее выражение для расчета угла рассеивания:

$$\beta = \arccos \frac{R^2 r \sin\alpha \sqrt{(R^2 - r^2) \cos\alpha}}{R \sqrt{R^2 + \cos\alpha(R^2 - r^2) - 2r \sin\alpha \sqrt{(R^2 - r^2) \cdot \cos\alpha}}} \quad (3)$$

На бетонируемой поверхности частицы распределяются неравномерно в пределах некоторого участка. Обработкой экспериментальных данных получен график асимметричного распределения, рис.1б и рис.2. Правая часть графика (со стороны малого ротора) есть кривая нормального распределения пронормированного соответственно величине $\sigma_2 = \beta_2/3$. Площадь под кривой равна 0,5 (в безразмерных величинах). При этом принимая во внимание правило 3-х σ можно утверждать, что 0,997 частей этой площади сосредоточено в пределах интервала $(0, \beta_2 = 3\sigma_2)$. Вся эта площадь занята материалом сформированным из частиц дискретного потока, рассеиваемых в пределах угла β_2 . Численные значения площади можно получить, пользуясь интегральной функцией распределения, выражающей площадь под дифференциальной кривой распределения как:

$$S_{3\sigma}^{kk} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\beta_2} f(u) du \quad (4)$$

Разделив площадь $- S_{3\sigma}^{kk}$ (правая часть графика) на участки в пределах интервалов $(0, u_1)$; (u_1, u_2) ; (u_2, u_3) , площадь отдельных участков под кривой распределения определяется пользуясь табулиро-

ванными значениями интеграла вероятностей. Эти данные приводятся ниже:

$$\begin{array}{cccc} S_{3\sigma}^{**} & S_1^{**} & S_2^{**} & S_3^{**} \\ 0,498650 & 0,341345 & 0,135905 & 0,0214 \end{array}$$

В левой части графика зона рассеивания, определяемая величиной размаха β_1 (или углом рассеивания β_1) значительно сокращена. Однако, рассеивание частиц и в этом случае следует нормальному закону распределения. Поэтому площадь занятую материалом в левой части под кривой распределения можно рассматривать, как некоторую модель распределения в правой части. Эти два распределения имеют общую ординату максимума Y_{max} , лежащую на оси OY , а математические ожидания ординат в соответствующих точках на оси абсцисс равны между собой т.е. $M(Y_1^*) = M(Y_1^{**})$; $M(Y_2^*) = M(Y_2^{**})$; $M(Y_3^*) = M(Y_3^{**})$.

Применяя правило 3-х σ , можно записать, что $\beta_1 = 3\sigma_1$, где $\sigma_1 = \sigma_2 \cdot \beta_1/\beta_2$. Разделив площадь под кривой распределения, занятую материалом, на участки, будет иметь место следующее соотношение

$$\frac{S_1^*}{S_1^{**}} = \frac{\beta_1}{\beta_2} \quad (5)$$

где S_1^* - площадь соответствующего участка в левой части распределения. Из выражения (5) получим

$$S_1^* = \frac{S_1^{**} \beta_1}{\beta_2} \quad (6)$$

Общее количество материала рассеиваемого роторами в зоне распределения $\beta = \beta_1 + \beta_2$, выражаемое в безразмерных величинах будет равно

$$S_M = \sum_{S_{1i}}^k + \sum_{S_{2i}}^n \quad (7)$$

Принимая S_M за 100%, количество материала q_i рассеиваемого на отдельных участках зоны распределения, выражаемое в проц. от общего объема перерабатываемой смеси будет составлять:

$$q_i^{**} = \frac{S_i^{**}}{S_M} 100 \quad (8)$$

Для образования слоя равномерной толщины форма или метательное устройство должны перемещаться. При постоянном темпе подачи бетонной смеси от скорости перемещения зависит толщина укладываемого слоя. Схема формирования изделия из частиц дискретного потока показана на рис.2. Здесь ось абсцисс интегрального графика, иллюстрирующего наращивание массы бетона в изделии, в направлении оси ординат, расположена в плоскости бетонируемой поверхности (дна формы), составляющей с горизонтом угол $- 35^{\circ}$. Формуемое изделие по толщине условно разделено на отдельные слои, соответственно секторам угла рассеивания, охватывающего всю зону распределения, в пределах которой осуществляется процесс формирования. Толщина слоя (в проц. от общей толщины изделия), формируемого в пределах каждого сектора, пропорциональна средней концентрации частиц, рассеиваемых в его пределах. Верхний слой формируется за счет отраженных частиц, перемещающихся в секторах перекрываемых направляющим ротором.

Функционирование формующего устройства, в соответствии с вышеизложенным, требует равномерной строго дозированной подачи перерабатываемой смеси или ее компонентов в рабочую зону роторов. Для этого создано специальное устройство в виде вибропобудителя, составляющего вместе с расходным бункером и конвейером единый узел. Выбор параметров работы побудителя: частоты и амплитуды колебаний, произведен на бетоноукладчике СМЖ-162, соответствующим образом переоборудованном, в процессе формирования стержневых изделий (железобетонных свай) на полигоне Лилойского ХБИ в г.Тбилиси.

3. Созданное новое оборудование и раскрытие закономерностей формирования структур многокомпонентных систем (композитов) открывают широкие перспективы для дальнейшего совершенствования структуры композитов на основе новых технологий получения широко известных материалов и разработки новых структур. В рамках настоящей работы рассмотрены вопросы совершенствования технологии тяжелого бетона и фибробетона, бетонной матрицей которого является тяжелый бетон.

Рис.2. Распределение частиц потока при формировании слоя
 ротационного бетона
 а - дифференциальный график
 б - то же, интегральный

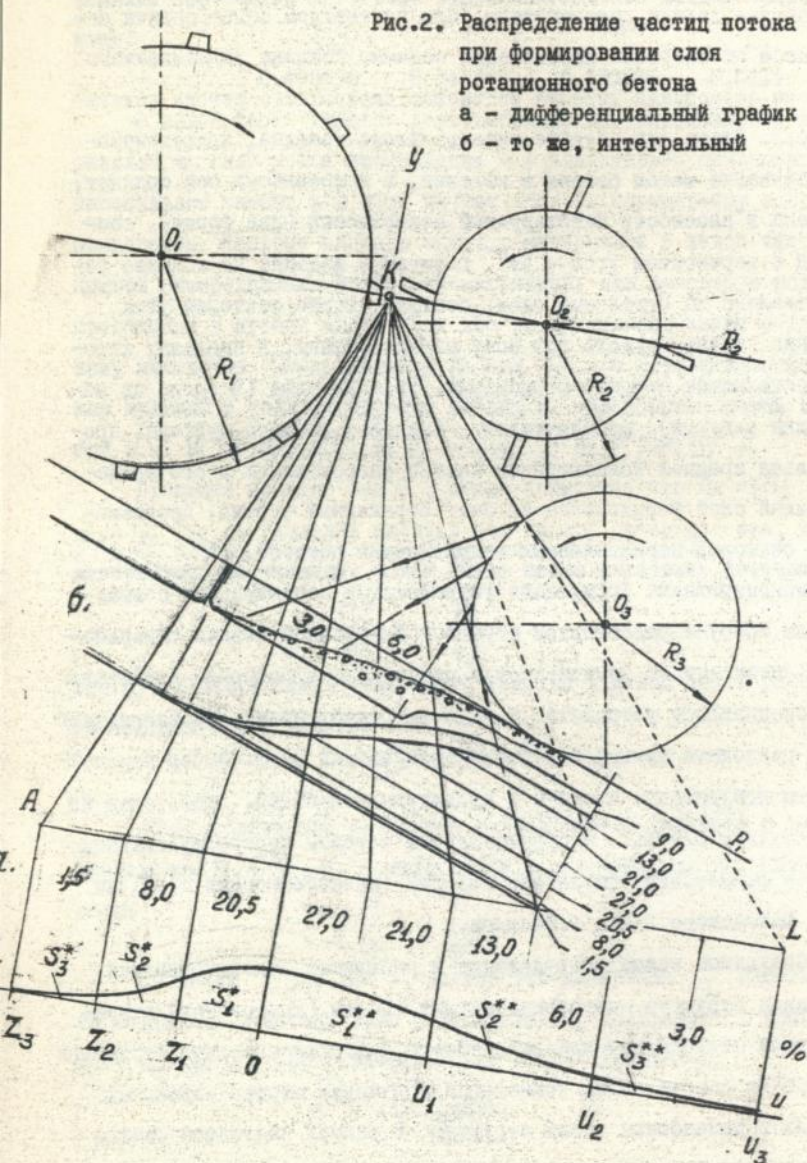


Таблица I.

Влияние относительного содержания крупного заполнителя и способов уплотнения на прочность и среднюю плотность ротационного бетона

Относительное объемное содержание крупного заполнителя	Предел прочности при сжатии, МПа (числитель) и плотность т/м ³ (знаменатель) при следующих способах уплотнения			
	Вибрация	Механическое метание при следующей скорости движения частиц, м/с		
		Роторы симметричные	Роторы асимметричные	
			45	45/30
0,5	<u>25,8</u>	<u>34,9</u>	<u>36,6</u>	<u>43,1</u>
	2,27	2,30	2,31	2,34
0,6	<u>26,6</u>	<u>36,3</u>	<u>38,1</u>	<u>44,4</u>
	2,29	2,36	2,35	2,38
0,7	<u>32,3</u>	<u>36,2</u>	<u>39,0</u>	<u>45,7</u>
	2,30	2,37	2,38	2,38
0,8	<u>32,9</u>	<u>35,1</u>	<u>39,2</u>	<u>46,9</u>
	2,33	2,35	2,37	2,40
0,9	<u>32,8</u>	<u>32,0</u>	<u>39,1</u>	<u>47,3</u>
	2,35	2,28	2,36	2,40
1,0	<u>31,5</u>	<u>28,7</u>	<u>38,0</u>	<u>47,2</u>
	2,35	2,19	2,35	2,39

Осуществляя метание на новой технической основе с сообщением более высокой скорости движения растворной составляющей бетона, оказывается возможным повысить содержание крупного заполнителя в теле ротационного бетона, доведя его в конечном итоге до получения контактной структуры. Сравнительные данные средней плотности и прочности ротационного и вибрированного бетона представлены в табл. I.

При уплотнении с помощью асимметричных устройств максимум прочности, так же как и у вибрированных образцов лежит в пределах 0,8-0,9, что иллюстрирует положительные стороны новых метателей по сравнению с симметричными роторами. В каждой серии испытаний прочность оказалась пропорциональной средней плотности. При этом в слу-

чае уплотнения метателем с симметричными роторами наибольшая средняя плотность образцов, соответствующая максимальной прочности, достигается при меньшем содержании крупного заполнителя в сравнении с вибрированным бетоном. Это объясняется тем, что ротационный бетон характеризуется плавающим расположением зерен крупного заполнителя, а при плавающей структуре прочность бетона определяется прочностью его растворной составляющей. В процессе уплотнения метателем более высокая степень уплотнения растворной составляющей бетона достигается при меньшем содержании крупного заполнителя. По мере увеличения доли крупного заполнителя увеличивается количество отскока, который отражается отрицательно на прочности бетона.

При усовершенствованном способе уплотнения, осуществляемом на наклонной поверхности, посредством метателя с асимметричными роторами и направляющим ротором, процесс уплотнения упорядочен. Вначале на покрываемой поверхности формируется пластичная постель, в которую, в последующем, втапливаются зерна щебня или гравия, а при образовании более сложного композита и др. компоненты, например, фибра. Количество отскока в этом случае резко сокращается, а максимум прочности сдвигается в сторону большего содержания крупного заполнителя, т.е. в сторону таких составов, которые характеризуются контактной структурой и высокой средней плотностью.

Множественная зависимость прочности ротационного бетона от основных технологических факторов устанавливалась методом оптимального планирования эксперимента, с включением факторов: X_1 - скорость движения материала (V); X_2 - расход цемента в бетоне (C) и X_3 - активность цемента (R_4). Выбранный основной уровень, значение факторов и интервалы варьирования для проведения полного факторного эксперимента типа 3^2 приведены в табл.2. После соответствующих преобразований и перехода от кодовых значений к натуральным, полученная

Таблица 2.

Уровни и интервалы варьирования переменных

К о д	Значение кода	Значение факторов		
		X_1	X_2	X_3
Основной уровень	0	45	350	450
Интервал варьирования		10	100	50
Верхний уровень	+	55	450	500
Нижний уровень	-	35	250	400

математическая модель имеет вид:

$$R_{cx} = -96,3 + 1,04V + 0,142Ц + 0,11R_u. \quad (9)$$

В работе исследовалась проницаемость морозостойкость и химическая стойкость ротационного бетона, а также прямыми испытаниями определена его долговечность. Произведено сравнение свойств ротационного бетона со свойствами вибрированного бетона аналогичного состава. На основе матрицы из ротационного бетона разработан способ получения фибробетона. Исследованы основные свойства фибробетона приготовленного по новой технологии.

4. Освещен опыт практического применения технологии ротационно-силового уплотнения. Производственная апробация рассмотренного способа формования проведена на опытном заводе ГрузНИИстром в г.Тбилиси. Технологическое оборудование и образцы опытной продукции подтвердили работоспособность формующей машины и высокое качество изделий. Партия плит сформованных посредством трехроторного метателя уложена на территории института для проведения долговременных испытаний. Промышленное внедрение реализовано на Лидойском заводе ЛБИ треста "Водстройматериалы", где ротационная технология была использована для формования плит НПК и др. изделий, на базе переоборудованного бетоноукладчика СМХ-162. Экономический эффект в ценах 1988-89г. составил 45 тыс.руб.

Накопленный опыт использован в разработке автоматизированной

линии для производства тротуарных плит производительностью 3 млн. штук в год

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований получена математическая модель формирования слоя ротационного бетона новым трехроторным метателем на наклонной поверхности из частиц бетонной смеси или ее компонентов. Установлено, что угол наклона к горизонту должен находиться в пределах $30 - 45^{\circ}$.

2. Для нового конструктивного решения метателя найдено соотношение лопастных роторов $R_1 / R_2 = 1,5 + 1,8$. Конструктивные параметры роторов выбираются для угла рассеивания со стороны большого ротора $\beta_1 \leq 18-21^{\circ}$, а со стороны малого $\beta_2 \leq 40-45^{\circ}$, частота колебаний вибропобудителя расходного бункера при амплитуде колебаний $0,3-0,8$ мм должна находиться в пределах 3000-1500 кол./мин.

3. Установлена математическая зависимость для расчета величины угла наклона рабочей поверхности лопасти к радиусу ротора и определены его числовые значения. В данном конструктивном исполнении представленном на рис.1а угол установки лопаток α составляет 16° для большого ротора и 35° для малого.

4. В результате проведения многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии, устанавливающее связь между прочностью ротационного бетона при сжатии и основными технологическими параметрами: скоростью движения материала, расходом цемента в бетоне, активностью вяжущего.

5. Произведено сравнение по прочности, деформативности, плотности по водонепроницаемости и морозостойкости ротационного бетона в разные сроки службы при его многолетней эксплуатации. Так результаты испытаний бетона ротационной технологии на долговечность в возрасте 20 лет показали его повышенную плотность по водонепроницаемости: со стороны солнечной поверхности тротуарной плиты - 1,6 МПа, с обратной стороны свыше 2 МПа.

6. Внедрение технологии ротационно-силового уплотнения на Илийском заводе ЖБИ треста "Водстройматериалы" в г.Тбилиси для производства плит НПК, тротуарных плит, свай и др. изделий позволил получить экономический эффект в ценах 1989 г. - 45 тыс.руб, снизить трудоемкость формования в сравнении с технологическим регламентом до реконструкции в 3,9 раза, снизить удельный расход цемента на 15 %.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Учет параметров процесса ротационно-силового уплотнения при расчете состава бетона в режиме метания. Тбилиси: ГрузНИИТИ ГКНТ СССР № 20, 1986 (соавторы Дюженко М.Г., Туркия Б.Ш., Осташевская Г.Г., Цхведадзе М.М.).

2. Интенсификация производства бетонных работ на основе ротационной технологии. Тбилиси: ГрузНИИТИ ГКНТ СССР № 4, 1987 (соавторы Дюженко М.Г., Туркия Б.Ш., Осташевская Г.Г., Цхведадзе М.М.).

3. Механическое оборудование и организация производства железобетонных свай методом ротационно-силового уплотнения. Тбилиси: Сб.докл. Объединенной сессии НИИ Закавказских республик. 1987, (соавторы Дюженко М.Г., Куправа Г.Н., Туркия Б.Ш., Цхведадзе М.М.).

4. Интенсификация производства бетонных работ на основе ротационной технологии. М.: ВНИИТИ Минстромстройматериалов СССР Серия 3, вып.4, 1988, (соавторы Дюженко М.Г., Осташевская Г.Г., Туркия Б.Ш. Цхведадзе М.М.).

5. Формирование железобетонных колонн комбинированным способом. Харьков: Тезисы докл. XXVI Научно-техн.коэф. преподавателей, аспирантов и сотр. ХИИГХ, 1992 г. (соавторы Качура А.А., Костык Н.Г.).

6. Метательная головка для укладки и уплотнения бетонных смесей. Авт.свид. № 1096118 Кл. В 28 В 13/02. 9.02.1984. Не публ. (соавтор Дюженко М.Г.).

7. Способ формования изделий. Авт.свид. № 1482798 Кл. В 28 В 1/10, опубл. Б.И. № 20 30.05.89. (соавтор Дюженко М.Г.).

8. Бетоноукладчик. Авт.свид. № 1513780 Кл. В 28 В 13/02, Не публ. 1989, (соавторы Дюженко М.Г., Туркия Б.Ш., Куправа Г.Н. и др.)

9. Головка для укладки и уплотнения строительной смеси. Авт.свид. № I624854 Кл. В 28 В I3/02, I990. Не публ. (соавтор Дюженко М.Г.).

IC. Бетоноукладчик. Решение о выдаче арт. свид. по заявке № 48I2358/33, 28.II.90, (соавторы Дюженко М.Г., Костюк Н.Г., Новоселов В.А., Филин В.И.).

II. Бетоноукладчик. Решение о выдаче авт. свид. по заявке № 48I2359/33, 28.II.90, (соавторы Дюженко М.Г., Костюк Н.Г., Новоселов В.А.).

I2. Способ укладки и уплотнения фибробетонной смеси в опалубку или форму и устройство для его осуществления. Решение о выдаче патента по заявке № 4945I95/33/065I50 от 2I.06.I99I г. (соавтор Дюженко М.Г.).

Подп. к печ. 18.05.93. Формат 60x84 I/16
Бумага тип. Печать офсетная. Усл.-печ.л. I,0.
Уч.-изд.л. 0,9. Тираж 100 экз. Зак.№ 875

Бесплатно

Отв. за выпуск **к.т.н. Б.Ф.Терехов**

Ротапринт ВЦ Харьковского облуправления статистики.
310002, Харьков, ул.Маршала Бажанова, 28.

465800

AB 27.630

AB 27.630