

Выводы. Предлагаемый алгоритм уточняет методику расчета вибропресса с одночастотным приводом в части учета характеристик формуемой смеси. Применение в прессах двухчастотных приводов расширяет их технологические возможности. Анализ результатов моделирования свидетельствует о наличии периодических изменений размахов двухчастотных колебаний, что должно активизировать процесс перекомпоновки частиц крупного и мелкого заполнителя при формировании изделий из бетонной смеси, т.е. повысить коэффициент уплотнения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kuch, H. Zur maschinentechnischen Auslegung von Ausrüstungen zur Herstellung kleinformatiger Betonzeugnisse / H. Kuch // Internationale Fachtagung Baumaschinen. Sektion Maschinenbau, Wissenschaftsbereich Baumaschinen. – Magdeburg: Technische Universität «Otto von Guericke», 1987. – S. 140-144.
2. Уткин В.Л. Новые технологии строительной индустрии / В.Л. Уткин. – М.: «Русский Издательский дом», 2004. – 116 с.
3. Шампуров А.В. Мониторинг производства тротуарной плитки / А.В. Шампуров, В.Н. Загороднюк // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова (Материалы Международного конгресса «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии», посвящённого 150-летию

- В.Г. Шухова). Ч.1. – Белгород: БГТУ, 2003.- №5. – С. 413-417.
4. Дворкин Л.И. Технологические особенности вибропрессованных бетонов / Л.И. Дворкин, В.В. Житковский // Строительные материалы и изделия. – Киев, 2007. – № 1. – С. 11-14.
5. Емельяненко Н.Г. Направления совершенствования вибропрессов для формирования бетонных изделий / Н.Г. Емельяненко // Науковий вісник будівництва. Вип. 46. – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008. – С. 136-140.
6. Емельяненко Н.Г. Совершенствование методик расчёта вибропрессов для производства мелкоштучных бетонных изделий / Н.Г. Емельяненко // Збірник наукових праць (галузеve машинобудування, будівництво). – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – Вип. 23., т.1. – С.134-140.
7. Емельяненко Н.Г. Энергетические соотношения в динамической системе вибропресса с двухчастотным приводом / Н.Г. Емельяненко, Л.В. Саенко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – №13. – С. 38-41.
8. Емельяненко Н.Г. Оптимизация параметров режима работы вибропресса для формирования бетонных изделий / Н.Г. Емельяненко, Ф.А. Стоянов, Е.А. Бочарова // Вісник Приазовського державного технічного університету. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т », 2011. – Вип. 22. – С. 212-216.

УДК 666.398

Емельянова И.А., Лебедев П.Н.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ФОРМЫ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТОЕК ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР ВЛ СПОСОБОМ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧАО «БЕТОН НОВА»

При изготовлении длинномерных изделий цилиндрической формы способом центрифугирования определяющую роль играет угловая скорость вращения формы (опалубки) ω [1,2]. Представляет интерес изучение процесса центрифугирования с позиций влияния этого рабочего параметра на физико-механические свойства отформованных изделий. Таким показателем может служить величина предельного напряжения на

сжатие бетона определенной марки готового изделия.

Для решения поставленной задачи следует воспользоваться случаем течения Куэтта [3,4] между двумя соосными цилиндрами радиусами R_1 и R_2 , из которых больший радиусом R_1 с угловой скоростью ω_1 , а меньший R_2 – с частотой ω_2 . В данном случае, радиус R_1 – внутренний радиус формы, а R_2 – внутренний радиус изготавливаемого изделия [5].

Принимая во внимание условия, что изготавливаемое изделие имеет ту же угловую скорость, что и вращающаяся форма, можно записать что $\omega_1 = \omega$, а $\omega_2 = 0$. Тогда максимальная угловая скорость вращения формы определяется исходя из решения двух уравнений Навье-Стокса, при условии, что бетонная смесь является вязкой жидкостью.

$$\frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{d\rho}{dr} = \frac{v^2}{r}; \frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \left(r \cdot \frac{dv}{dr} \right) - \frac{v}{r^2} = 0, \quad (1)$$

где ρ_0 – средняя плотность бетонной смеси; r – текущее значение радиуса формируемого изделия; v – окружная скорость вращения формы.

Система уравнений Навье-Стокса рассматривается в полярной системе координат (r, φ) , причем, зависимости v и ρ_0 от φ отсутствуют в связи с осевой симметрией (вдоль оси вращения формы OZ). Форма радиусом R_1 и изготавливаемое изделие радиусом R_2 , как было сказано ранее, вращаются с угловой скоростью ω . Если $R_1 \geq R_2$ то задача рассматривается при граничных условиях:

$$v(r)|_{r=R_2} = 0; \quad v(r)|_{r=R_1} = \omega R_1. \quad (2)$$

При этом вводятся следующие обозначения:

$$\Omega_0 = \frac{\alpha^2 \omega}{(\alpha^2 - 1)}; \quad \Omega_p = -\Omega_0; \quad \alpha = \frac{R_1}{R_2} > 1. \quad (3)$$

При принятых условиях (2) и обозначениях (3) решение системы (1) имеет вид:

$$\begin{aligned} v_{(r)} &= \Omega_0 \cdot r + \frac{\Omega_p R_1^2}{r}; \quad \omega_{(r)} = \Omega_0 + \Omega_p \cdot \frac{R_1^2}{r^2}; \\ \omega_{(r)} &= \Omega_0 + \Omega_p \cdot \frac{R_1^2}{r^2}; \quad R_2 \leq r \leq R_1; \quad (4) \\ \rho_{(r)} &= \rho_{(R_2)} + \rho_0 \cdot \int_{R_2}^r \frac{v^2(r)}{r} dr = \rho_{(R_2)} + \rho_0 \cdot R_2^2 \times \\ &\times \left[2\Omega_0 \cdot \Omega_p \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + \frac{\Omega_0^2}{2} \left(\frac{r^2}{R_2^2} - 1\right) + \frac{\Omega_p^2}{2} \left(1 - \frac{R_2^2}{r^2}\right) \right] \end{aligned}$$

В таком случае, когда $\rho_{(R_2)}$ значительно меньше второго члена в уравнении (4) и принимая во внимания обозначения (3), второе уравнение системы можно записать как:

$$\rho_{(R_2)} = \rho_0 \cdot R_2^2 \Omega_0^2 \left[-2 \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{r^2}{R_2^2} - \frac{R_2^2}{r^2}\right) \right] \quad (5)$$

Давление, которое испытывают слои бетонной смеси во вращающейся форме при уплотнении способом центрифугирования под воздействием центробежных сил, в конечном итоге, должно обеспечивать требуемую прочность бетона на сжатие, которая определяется соответствующим напряжением в бетоне при сжатии, не превышающим предельной величины, т.е. должно соблюдаться условие:

$$p_{(r)} \leq [\sigma_{сж}], \quad (6)$$

где $p_{(r)}$ – давление, испытываемое бетонной смесью во вращающейся форме; $[\sigma_{сж}]$ – предельное напряжение в бетоне при сжатии, МПа.

Учитывая условие (6) записать:

– при наличии члена $p_{(r)}$:

$$\Omega_0^2 \leq \frac{[\sigma_{сж}] - p_{(R_2)}}{\rho_0 \cdot R_2^2 \left[-2 \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{r^2}{R_2^2} - \frac{R_2^2}{r^2}\right) \right]}. \quad (7)$$

– при отсутствии члена $p_{(R_2)}$:

$$\Omega_0^2 \leq \frac{[\sigma_{сж}]}{\rho_0 \cdot R_2^2 \left[-2 \ln\left(\frac{r}{R_2}\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{r^2}{R_2^2} - \frac{R_2^2}{r^2}\right) \right]}, \quad (8)$$

и согласно обозначению Ω_0 (3) выражение для определения Ω_0^2 имеет вид:

$$\Omega_0^2 = \frac{\omega^2 \alpha^4}{(\alpha^2 - 1)^2} = \frac{\omega^2 \frac{R_1^4}{R_2^4}}{\left(\frac{R_1^2}{R_2^2} - 1\right)^2} = \frac{\omega^2 R_1^4}{(R_2^2 - R_1^2)^2} \quad (9)$$

Следовательно, исходя из выражений (7) и (9), неравенство имеет вид:

$$\frac{\omega^2 R_1^4}{(R_1^2 - R_2^2)^2} \leq \frac{[\sigma_{сж}] - p_{(R_2)}}{\rho_0 \cdot R_2^2 \left[-2 \ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{R_2^2}{R_1^2}\right) \right]} \quad (10)$$

В таком случае, угловая скорость вращения формы определяется как:

$$\omega = \frac{(R_1^2 - R_2^2)^2}{R_1^2 \cdot R_2} \left[\frac{[\sigma_{сж}] - p_{(R_2)}}{\rho_0 \left[-2 \ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{R_2^2}{R_1^2}\right) \right]} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

Следовательно, угловая скорость вращения формы согласно зависимости (11) при

изготовлении стоек железобетонных опор ВЛ способом центрифугирования прямо пропорциональна величине $[\sigma_{см}]$ и зависит от исходной средней плотности используемой бетонной смеси, а также от конструктивных размеров формуемого изделия и технической опалубки.

Однако при рассмотрении завершающего этапа формирования стоек железобетонных опор предлагается ввести следующее обозначение:

$$\left[\frac{[\sigma_{см}]}{\rho^* R_2} \right]^{\frac{1}{2}} = \omega^*, \quad (12)$$

где ρ^* – конечная плотность бетонной смеси в отформованном изделии. Таким образом, граничные условия для угловой частоты вращения формы ω , имеют вид $\omega \leq \omega^*_{max}$.

$$\omega^*_{max} = \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{R_1^2} \cdot \frac{\omega^*}{\left[-2\ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{R_2^2}{R_1^2}\right) \right]^{1/2}} \quad (13)$$

Тогда безразмерная угловая частота вращения формы $\bar{\omega} = \frac{\omega^*}{\omega^*_{max}}$ определяется по формуле:

$$\bar{\omega} = \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{R_1^2} \cdot \left[-2\ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{R_1^2}{R_2^2} - \frac{R_2^2}{R_1^2}\right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

Из выражения (13) видно, что безразмерная угловая частота $\bar{\omega}$ является функцией отношения $\frac{R_1}{R_2} = \alpha$.

В таком случае, зависимость (13) можно представить как:

$$\bar{\omega} = \left(1 - \frac{1}{\alpha}\right) \cdot \left[-2\ln\alpha + \frac{1}{2}\left(\alpha^2 - \frac{1}{\alpha^2}\right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

или

$$\bar{\omega} = \frac{\left[-2\alpha^2\ln\alpha + \frac{1}{2}(\alpha^4 - 1) \right]^{\frac{1}{2}}}{(\alpha - 1)} \quad (16)$$

С учетом безразмерной угловой частоты вращения формы должно выполняться следующее условие:

$$\frac{\omega^*}{\omega^*_{max}} < \bar{\omega} \quad (17)$$

В табл. 1 приведены значения $\bar{\omega}$ для разных соотношений радиусов $\frac{R_1}{R_2}$ при условии, что $\alpha > 1$.

На рис. 1 представлена зависимость безразмерной угловой частоты вращения формы (опалубки) с формуемым изделием от соотношения радиусов $\frac{R_1}{R_2}$.

Таблица 1 - Значения угловой скорости $\bar{\omega}$ в зависимости от соотношения $\frac{R_1}{R_2} = \alpha$.

$\alpha = \frac{R_1}{R_2}$	$\bar{\omega}$
1.1	0,374
1.2	0,562
1.3	0,687
1.4	0,805
1.45	0,861

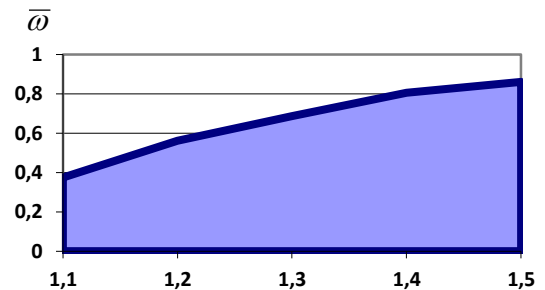


Рис. 1 - Зависимость безразмерной угловой частоты вращения формы (опалубки) с формуемым изделием от соотношения радиусов $\frac{R_1}{R_2} = \alpha$

На рис. 1 показана графическая зависимость, у которой заштрихованная часть является областью допустимых значений безразмерной угловой скорости вращения формы $\bar{\omega} = \frac{\omega^*}{\omega}$.

Таким образом, результаты проведенных теоретических исследований позволяют

БУДІВНИЦТВО

определить величину максимальной необходимой угловой скорости вращения формы, при которой будет достигнута требуемая прочность формуемого изделия, что позволит обоснованно подходить к назначению рабочих режимов процесса центрифугирования с точки зрения затрат мощности и экономного расходования электроэнергии.

Выводы:

1. Показан новый подход к определению угловой скорости вращения формы на основании результатов исследований прочности бетона на сжатие при изготовлении стоек железобетонных опор ВЛ способом центрифугирования.

2. Найден зависимости для определения угловой скорости вращения формы при условии, что давление, которое испытывают слои бетонной смеси во вращающейся форме, можно равноценно заменить соответствующим напряжением в бетоне формируемых изделий.

3. Установлены условия определения критической угловой скорости вращения

формы, которую нецелесообразно превышать.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Емельянова И.А. Особенности технологического процесса производства стоек железобетонных опор типа ВЛ электропередач. /Емельянова И.А., Лебедев П.Н.// Ж., «Наука в центральной России», № 2 – Тамбов, Из-во ГНУ ВНИИТиП Россельхозакадемия, 2012 – С.38-44;
2. Емельянова И.А. Исследование возможности повышения частоты вращения опалубки для изготовления бетонных элементов методом центрифугирования./ Емельянова И.А., Лебедев П.Н. // Науковий вісник будівництва – Харків: ХДТУБА ХОТВАБУ, 2012, Вип. 68 – С. 240-244;
3. Бреховских Л.М. Введение в механику сплошных сред./ Бреховских Л.М., Гончаров В.В. – М.: Наука, 1972, – 336 с;
4. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Гидродинамика / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., – М.: Наука, 1988 – 736 с;
5. Игименский А.Ю. Задача о медленном течении вязкой жидкости в круглой трубе переменного сечения. / Игименский А.Ю.// Прикладная математика и механика, т.8 – 1944, Вып.5, – С. 395 – 400.

УДК 621.793.7

Лузан С.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Постановка проблемы. Построение математической модели, устанавливающей связь технологических параметров, определяющих свойства газопламенных покрытий, является необходимым этапом в определении оптимального режима напыления, обеспечивающего получение покрытия заданного качества.

Анализ существующих решений. Для выбора оптимальных условий проведения плазменного напыления необходим всесторонний анализ взаимодействия частиц порошков с плазменными струями, а для этого, прежде всего, требуется построение модели и проведение оптимизации для управления процессом в реальном времени [1].

В общем случае математическая модель для струйно-плазменного процесса напыления дисперсного материала должна представлять собой систему уравнений, отражающих смешение реагентов, теплообмен, фазовые переходы в исходном сырье, химические реакции и процессы формирования покрытия [2-4].

Трудности, возникающие при моделировании процессов газотермического напыления, определяются различными оценками определяющей роли отдельных стадий и допущений, принимаемых при математическом описании.