

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАСТВОРОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

Безуглов А.С.,

научный руководитель канд. техн. наук Минин В. В.

Сибирский федеральный университет

Политехнический институт

Применение на универсальных малогабаритных погрузчиках с бортовым поворотом (УМП) съемного бетонорастворосмесительного оборудования и наличие многообразия конструктивных решений и способов перемешивания не позволяет выбрать оптимальный вариант, обладающий минимальной потребительской стоимостью, определяемой энергозатратами. Отсутствие в настоящее время теории смешивания, объясняющей энергоемкость технологической операции возникновения поверхности раздела фаз компонентов (рисунок 1) определило гипотезу применения к исследованиям метода анализа размерностей.

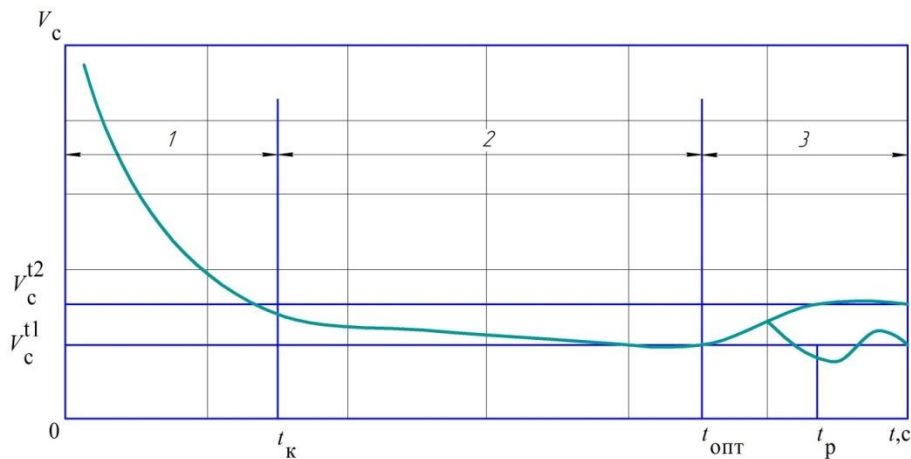


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента неоднородности от времени смешивания

Участок 1 данного графика характеризует процесс конвективного смешивания, участок 2-диффузионного, 3-сегрегации. Наибольшее влияние на состояние смеси оказывает конвективное смешивание.

Для оптимизации параметров бетонорастворосмесителей используем следующие критерии оптимизации (для более оптимальной конструкции значения критериев стремятся к максимуму):

$$\pi_N = \frac{AQ}{N}; \quad \pi_Q = \frac{AH^4}{Q} \sqrt[3]{\frac{H^2}{G^2N}}; \quad \pi_N, \pi_Q \rightarrow \max \text{ при } \begin{cases} A = \text{const}, \\ H = \text{const}, \\ G \rightarrow \min, \\ Q \rightarrow \max, \\ N \rightarrow \min. \end{cases}$$

Здесь: A – удельная энергоемкость рабочего процесса, Па; Q – производительность машины, м³/с; N – установочная мощность двигателя, кВт; H – линейный размер, м; G – масса машины, кг; Z – грузоподъемность (грузоподъемная сила), Н.

В результате сокращения числа зависимых переменных для бетонорастворосмесителей получены следующие выражения:

$$\pi_N = \frac{V}{Sl} = \frac{V}{StR\omega} = \frac{V}{SRn} = \frac{V}{S\vartheta t'}$$

Где V - объем замеса, m^3 ; S -площадь лопатки, m^2 ; l -длина пути частицы, m ; R -радиус лопаток, m ; ω , ϑ -линейная и угловая скорости вала, m/c ; t -время перемешивания; n -количество оборотов вала? $1/c$.

Критерии π_N должен стремиться к максимуму, поэтому для перемешивания одинакового объема нужно иметь смесительный орган с как можно меньшей площадью лопаток, расположенных на малом радиусе, при этом и скорость вращения должна быть минимальной.

По критерию π_Q :

$$\pi_Q = \frac{1}{VG^{2/3}} \cdot \frac{1}{S} \cdot \sqrt[3]{\frac{M^2 R^7 t^4}{l}} = \frac{1}{VG^{2/3}} \cdot \frac{1}{S} \cdot \sqrt[3]{\frac{M^2 R^{11}}{\omega^4}} = \frac{1}{VG^{2/3}} \cdot \frac{t}{S} \cdot \sqrt[3]{\frac{M^3 R^{11}}{\omega}}$$

На критерий π_Q существенное влияние оказывают силовые характеристики привода $M^{2/3}$ и обратно пропорционально $\omega^{1/3}$, а также геометрические параметры смесителя $\frac{R^{11/3}}{S}$ и в прямой зависимости находится время t .

График зависимости мощности двигателя смесителя от времени показан на рисунке 2.

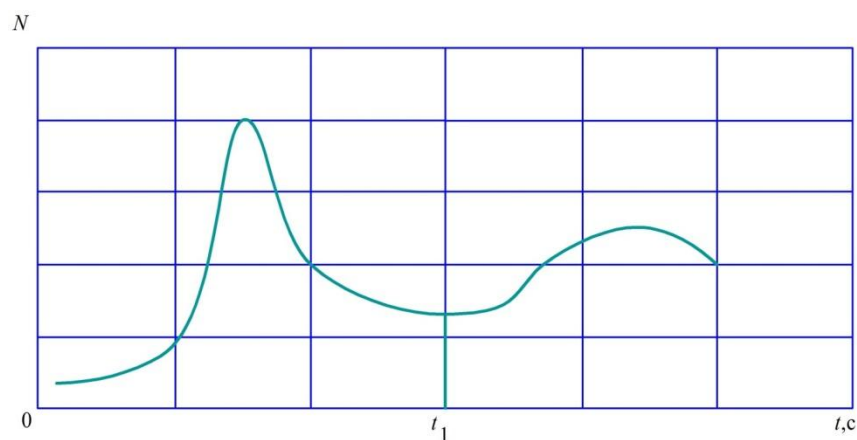


Рисунок 2 – Зависимость мощности двигателя смесителя от времени

Из графика зависимости мощности от времени видно, что при времени больше t_1 происходит увеличение мощности. Это объясняется ухудшением реологических характеристик бетонной смеси. Сравнивая оба графика можно предположить, что t_1 и t_{opt} равны. На основании этого делаем вывод, что изменения коэффициента неоднородности оказывает влияние на изменения мощности.

$$N = kV_c^t,$$

где k -коэффициент зависимости мощности от коэффициента неоднородности.

Коэффициент неоднородности на участке конвективного смешивания можно приближенно описать с помощью прямой:

$$V_c^t = a + bt,$$

где a -начальное значения коэффициента неоднородности, b -скорость изменения.

Приравняв эти две формулы получаем:

$$N = ka + kbt.$$

На скорость изменения коэффициента неоднородности оказывают влияние и характеристики самого смесителя, поэтому:

$$b = k_1 N,$$

где k_1 -коэффициент характеризующий смеситель и его рабочий орган

После преобразования исходного выражения уравнение записывается в виде:

$$N = ka + kk_1 Nt,$$

или

$$N = \frac{ka}{1 - kk_1 t}.$$

Для нахождения коэффициента k_1 воспользуемся формулами выведенные профессором Королевым К.М. при обработке статических данных по параметрам бетоносмесителей.

Тарелчатые смесители принудительного действия:

$$N = 39V^{0.92}; N = 4D^{2.3}.$$

Лотковые двухвальные смесители:

$$N = 34V^{0.98}; L = 1.55V^{0.3}; R = 0.55V^{0.3}.$$

Лотковые одновальные смесители:

$$N = 36V^{1.05}; L = 2.35V^{0.35}; R = 0.7V^{0.4}.$$

Здесь: V -объем готового замеса, m^3 ; N -мощность двигателя, кВт; L -длина смесителя, м; R -радиус лопасти, м; D -наружный диаметр корпуса смесителя, м.

Для тарелчатых смесителей принудительного действия получаем следующие зависимости:

$$k_1 = \frac{39V^{0.92} - ka}{39ktV^{0.92}}; k_1 = \frac{4D^{2.3} - ka}{4ktD^{2.3}}.$$

Для лотковых двухвальных смесителей:

$$k_1 = \frac{34V^{0.98} - ka}{34ktV^{0.98}}; k_1 = \frac{8.11L^{3.27} - ka}{8.11ktL^{3.27}}; k_1 = \frac{240.2R^{8.27} - ka}{240.2ktR^{8.27}}.$$

Для лотковых одновальных смесителей:

$$k_1 = \frac{36V^{1.05} - ka}{36ktV^{1.05}}; k_1 = \frac{2.77L^3 - ka}{2.77ktL^3}; k_1 = \frac{88.46R^{2.625} - ka}{88.46ktR^{2.625}}.$$

Зависимость критерия π_N от конструктивных параметров при измененном объеме представляет собой гиперболу.

Для построения эффективного типоразмерного ряда УМП, оснащаемых лотковыми бетонорастворосмесителями, монтируемыми в основное рабочее оборудование-ковш, примем в качестве основного параметра эксплуатационную массу машины. Средневероятную мощность двигателя УМП найдем из известного выражения $N = -3.42 + 0.015G$. Для нахождения оптимального объема бетонорастворосмесителя используем результаты статистических исследований отечественных и зарубежных бетоносмесителей Королева К.М. $N = 34V^{0.98}$, $L = 1.55V^{0.3}$ (для одновального смесителя).

Преобразуя вышеперечисленные выражения, получаем следующие зависимости для бетонорастворосмесителей:

двухвального $V = (-0.101 + 0.0004G)^{1.02}$; $L = 1.55(0.0004G - 0.101)^{0.31}$;
 одновального $V = (-0.095 + 0.0006G)^{0.95}$; $L = 2.35(0.0006G - 0.095)^{0.33}$.

График зависимости объема бетонорастворосмесителя от массы УМП представлен на рисунке 4.

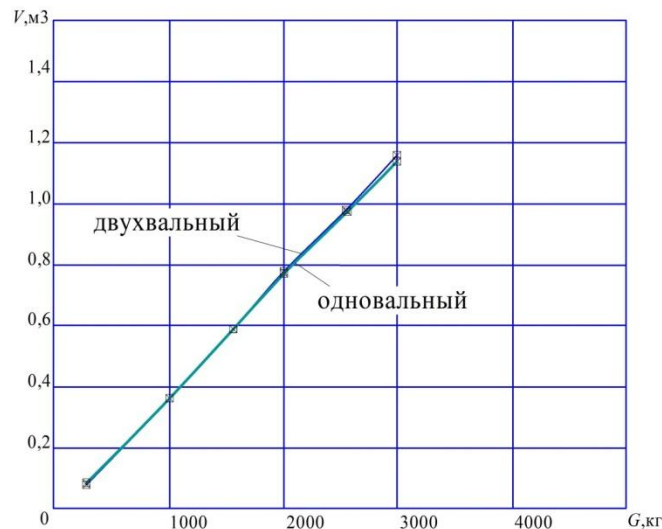


Рисунок 4 – Зависимость объема бетонорастворосмесителя от массы УМП

График зависимости длины бетонорастворосмесителя от массы УМП представлен на рисунке 5.

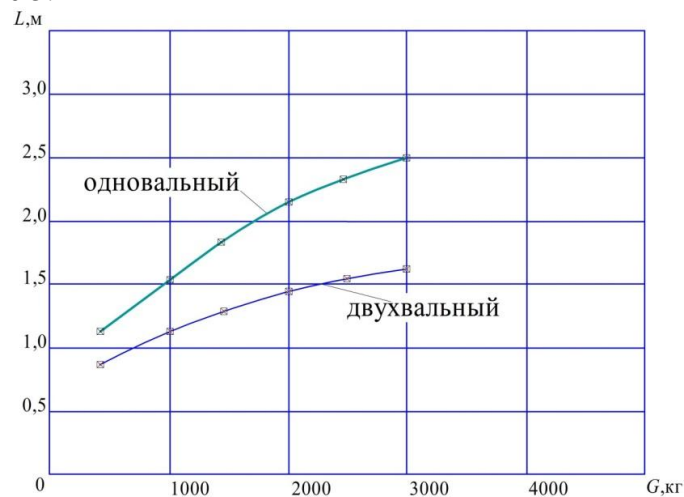


Рисунок 5 – Зависимость длины бетонорастворосмесителя от массы УМП

Анализ исследований, проведенных в среде MathCAD, позволяют сделать следующие выводы:

1. Получены выражения взаимосвязи конструктивных параметров бетонорастворосмесителей для УМП;
2. Двухвальные и одновальные смесители, при установке на машину одной и той же массы, не значительно отличаются по объему;
3. Двухвальные смесители обладают меньшей длиной, чем одновальные, но они обладают большей массой за счет ширины и сложной конструкции привода.