

НУРМУХАНОВА АЛЬФИЯ ЗЕЙНУЛЛОВНА

**Разработка бетоносмесительной установки на основе динамической
неуравновешенности барабана смесителя**

05.05.06 – Горные машины

Автореферат
диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Республика Казахстан
Алматы, 2010

Работа выполнена в Казахском национальном техническом университете
имени К.И. Сатпаева

Научные руководители

доктор технических наук,
профессор Аканов Х.Г.

доктор технических наук,
профессор Поветкин В.В.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор Шамсутдинов М.М.

кандидат технических наук,
доцент Вагапов Р.В.

Ведущая организация

Карагандинский государственный
технический университет

Защита состоится «05» июля 2010 года в 16⁰⁰ часов на заседании
диссертационного совета Д 14.61.23 в Казахском национальном техническом
университете имени К.И. Сатпаева по адресу: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева,
22, ауд. 244 (ГМК).

Телефон 8(7272)577156, факс: 8(7272)926437

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского
национального технического университета имени К.И. Сатпаева по адресу:
050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, корпус ГМК, на сайте www.kazntu.kz в
разделе научная работа.

Автореферат разослан «05» июня 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Байгурин Ж.Д.

Введение

Общая характеристика работы. В работе изложены основные положения разработки кинематических и конструктивных параметров новой конструкции бетоносмесительной установки применяемой в горном производстве.

Актуальность темы исследования. Современное строительство шахт и рудников – это сложный комплекс разнообразных строительно – монтажных работ, выполняемых специализированными установками. Горная промышленность располагает разнообразным оборудованием для приготовления и транспортирования бетонных смесей, используемых при креплении вертикальных стволов и горизонтальных выработок монолитным бетоном и набрызгбетоном.

Бетон и строительный раствор, как известно, являются одними из основных видов строительных материалов, которые готовят, как централизованным путем на крупных заводах, так и непосредственно на строительной площадке.

Получить бетон или раствор со свойствами, отвечающими предъявленным к нему требованиям, можно, используя исходные материалы, соответствующие заданным по проекту и надежно работающее оборудование, обеспечивающие высокое качество смешивания, которое в свою очередь, зависит от состава и свойств исходных материалов, времени смешивания и конструктивных особенностей смесительного устройства.

Однако, применяемые в настоящее время бетоносмесительные установки не всегда должным образом обеспечивают требуемое качество (однородность) бетонов и строительных растворов, обладают большой металлоемкостью и, ввиду абразивности компонентов, низким ресурсом работы лопастных систем для перемешивания бетонного раствора.

Таким образом, повышение эффективности и качества процесса смешения и разработка новой конструкции барабанного смесителя является актуальной задачей, решение которой позволит значительно повысить производительность процесса при одновременном уменьшении энергозатрат.

Цель работы. Разработка новой более эффективной бетоносмесительной установки на основе динамической неуравновешенности барабана смесителя.

Идея работы. Заключается в интенсификации процесса перемешивания компонентов смеси, посредством изменения кинематики их движения и характера взаимодействия, обеспечивающей повышение качества смеси и сокращение времени смешения.

В связи с выбранной целью в работе поставлены следующие **задачи**:

-анализ процессов смешения бетонных смесей и конструкций бетоносмесителей, применяемые при строительстве шахт и рудников;

-исследование процесса смешения бетонных смесей в барабане смесителя с горизонтальной осью вращения барабана смесителя и с осью, пересекающей геометрическую ось под некоторым углом и проходящую через центр тяжести барабана и обоснование его параметров;

- расчет кинематических и силовых параметров барабана смесителя;
- исследования динамики смесителя с загрузкой;
- выбор и обоснование параметров бетоносмесительной установки новой конструкции, расчет узлов и деталей, расчет привода и их экспериментальная проверка.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- теоретически обоснованы технологические параметры приготовления бетонной смеси, условия оборачиваемости материала загрузки в барабане смесителя при его движении по круговым и параболическим траекториям;

- разработана принципиально новая конструкция смесителя, ось барабана которого пересекает под некоторым углом геометрическую ось вращения и проходит через центр тяжести барабана, позволяющая интенсифицировать процесс перемешивания компонентов смеси, созданная на основе теоретических разработок, оригинальность которой подтверждена патентом на изобретение;

- разработана инженерная методика расчета основных кинематических и конструктивных параметров барабанного смесителя новой конструкции с учетом динамической неуравновешенности, при этом выбор рациональной формы барабана смесителя впервые осуществлен с использованием элементов топологии.

На защиту выносятся следующие основные научные положения и результаты:

- интенсификация процесса перемешивания бетонных материалов в барабане смесителя с наклонной осью вращения пересекающейся под некоторым углом геометрическую ось барабана и проходящую через центр тяжести обеспечивается за счет изменения кинематики движения компонентов смеси, более высокую степень однородности перемешиваемых материалов;

- установленные соотношения между критической частотой вращения барабана смесителя и углом отрыва частиц материала загрузки позволяют определить рациональное число оборотов барабана бетоносмесительной установки, что способствует интенсификации и эффективности процесса перемешивания компонентов смеси, повышению качества и сокращению времени смешения;

- кинематические параметры смесителя предложенной конструкции установлены на основе принципа отвердевания загруженного материала с одним центром масс с использованием топологических инвариантов фигуры материала в его мгновенных положениях в течение одного оборота барабана.

Методы исследования. Теоретические исследования проведены с использованием комплексной методики, включающей составные, взаимно дополняющие элементы научного обобщения и анализа положений математики, механики, физического эксперимента, методы математической статистики и математического моделирования.

Личный вклад автора состоит в постановке проблемы и определении задач исследований; разработке методики расчета и обосновании кинематических и конструктивных параметров бетоносмесительной установки;

разработке теоретических основ проектирования барабанного смесителя для бетонов и строительных растворов.

Реализация работы. Результаты теоретических и экспериментальных исследований приняты для реализации технологии приготовления бетонов в смесительной установке новой конструкции с обоснованием её конструктивных, кинематических и силовых параметров, переданных для внедрения в производство ТОО«Темир – бетон 1», АО«Трансстроймост», ТОО«НПО Мостовик - KZ», ТОО ПФ «Жана Жол» и РГП «НЦ КПМС РК».

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается экспериментами на натуральных опытно – промышленных образцах машин, а также использованием методов математического анализа и математической статистики при обработке данных научных положений.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на Международной конференции «Наука и образование ведущий фактор стратегии «Казахстан - 2030» (Караганда, 2007 г.), на Республиканской научно – практической конференции «Строительная индустрия Казахстана: кадры, новые материалы и технологии» (Алматы, 2009 г.), на научных семинарах института Машиностроение (Алматы, 2006, 2007, 2008 г.г.), на объединенных научных семинарах кафедр «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения», на научном семинаре кафедры «Основ конструирования и деталей машин», (Алматы, 2010 г.), на научном семинаре при диссертационном совете Д 14.61.23. (Алматы, 2010г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 работ, в том числе одно авторское свидетельство и 1 заявка на изобретение.

Структура и объем. Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников 94 наименований и 14-ти приложений. Основной текст диссертации изложен на 146 страницах.

Основная часть

Основные научные и практические выводы, полученные в результате исследований, заключается в следующем:

В первой главе. Приведены конструкции бетонных установок, применяемые в шахтном строительстве, дано их краткое описание и отличительные особенности, в зависимости от полезной емкости смесителей и вида применяемых заполнителей для бетонов. Изложены современные методы расчета барабанных смесителей цикличного и непрерывного действия.

Изложены краткие сведения по основам теории смешивания в технологических процессах получения бетонов и строительных растворов и порядок типового расчета количественного состава бетонных смесей, необходимых для определения общей массы материала загрузки барабанных смесителей цикличного действия и обобщенные данные по продолжительности смешивания бетонных смесей. На основе анализа технологии получения бетонных смесей и используемого оборудования поставлена цель работы и сформулированы задачи исследования.

Во второй главе. Рассмотрены теоретические основы расчета механического смешения компонентов в процессе их движения внутри цилиндрического барабана смесителя с горизонтальной осью вращения, отмечено, что для этих процессов характерны два вида движения частиц материала загрузки (ч.м.з.) в окружном направлении - каскадный и водопадный.

Рассмотрены условия оборачиваемости материала загрузки в барабане смесителя, при его движении по круговым и параболическим траекториям. Приведены формулы для определения рабочей и критической скоростей вращения барабана смесителя, а также потребляемой мощности смесителем в зависимости от основных размеров барабана, и степени его загрузки.

Для установления критических частот вращения барабанов смесителей, характерных для отмеченных выше режимов движения массы материала их загрузки, а также полезной мощности потребляемой барабанными смесителями на этих режимах, детально исследуется движение частиц материала загрузки (ч.м.з.) в цилиндрических барабанах с горизонтальными осями вращения.

При некоторой скорости движения (ч.м.з.) любого слоя по круговой траектории в точке *A*, расположенной в верхнем квадранте, радиальная сила *N* может стать равной центробежной силе *C* (рисунок 1).

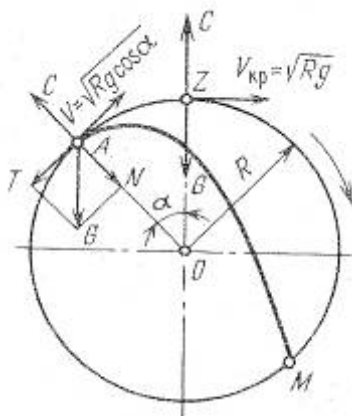


Рисунок 1 - Силы, действующие на ч.м.з. в верхнем квадранте при движении ее по круговой траектории

Тангенциальная сила *T* погашается реакцией опоры, сопротивлением последующего ряда ч.м.з. того же слоя, и становится свободным. Обладая скоростью *v*, равной окружной скорости движения его центра по круговой траектории радиуса *R*, ч.м.з. от точки *A* будет двигаться под действием силы тяжести как тело, брошенное со скоростью *v* под некоторым углом α к горизонту, т.е. по параболической траектории. Угол отрыва ч.м.з. от круговой траектории будет равен α и в точке *A* будет справедливо соотношение, при

$$R = R_0 \pm e, \quad (1)$$

где *e* - эксцентриситет;

R_0 - радиус барабана

$$C = N \text{ или } m v^2 / R = G \cos \alpha. \quad (2)$$

Полагая в этом уравнении $G = m * g$, получаем

$$v^2 = R * g * \cos \alpha. \quad (3)$$

Подставив в уравнение (3) $v = \pi R n / 30$ (где n -частота вращения смесителя мин⁻¹), получим

$$n = \frac{30}{\sqrt{R}} \sqrt{\cos \alpha}. \quad (4)$$

Время t_c прохождения ч.м.з. по круговой траектории во сколько раз меньше времени t_n одного оборота барабана, во сколько раз дуга $MA = 2(\pi - 2\alpha)$ менее 2π .

Поэтому

$$\frac{t_c}{t_n} = \frac{2(\pi - 2\alpha)}{2\pi} \text{ и } t_c = \frac{\pi - 2\alpha}{\pi} t_n, \text{ с.} \quad (5)$$

Время T одного цикла движения

$$T = t_c + t_p = \frac{(\pi - 2\alpha) + \sin 2\alpha}{\pi} t_n, \text{ с.}$$

Число циклов ч.м.з. за время одного оборота барабана смесителя:

$$\Pi = \frac{t_n}{T} = \frac{\pi}{(\pi - 2\alpha) + \sin 2\alpha}. \quad (6)$$

Число циклов ч.м.з. зависит от угла отрыва α . Оно различно для разных слоев при постоянной частоте вращения барабана смесителя, а для ч.м.з. одного и того же слоя изменяется с изменением частоты вращения. Чем выше частота вращения, тем меньше угол α и тем меньше циклов делается за один оборот барабана.

При вращении барабана смесителя со скоростью больше критической элементы заполнителя смеси поднимаются по круговым траекториям на определенную высоту, а затем падают по параболическим траекториям на нижние слои загрузки барабана.

Полезная мощность барабанных смесителей с горизонтальной осью вращения, в которых реализуется водопадный режим движения материала загрузки (смеси), может быть приближенно, определена по формуле Неронова, которая удовлетворительно описывает процесс движения загруженного материала близкого к опытным данным:

$$N_n \cong 3,46 \frac{M_3}{\varphi} \sqrt{D} \cdot \psi [2(1 - K^4) - \frac{4}{3} \psi^4 (1 - K^6)], \quad (7)$$

где M_3 - масса материала загрузки, т;

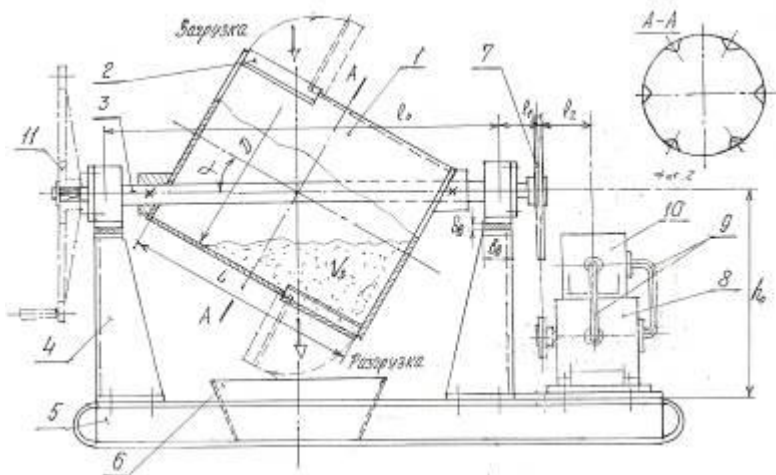
φ - степень заполнения объема барабана смесителя, доли ед.;

D - диаметр барабана смесителя, м;

ψ - частота вращения барабана смесителя, рад⁻¹;

K - параметр.

В третьей главе. На основе анализа существующих видов и типов барабанных смесителей с горизонтальными и наклонными осями, вращения была предложена принципиально новая конструкция смесителя, ось барабана которого пересекает под некоторым углом геометрическую ось вращения барабана (рисунок 2). Предложенное устройство обосновывает принцип динамической неуравновешенности и метод достижения качества перемешиваемых материалов.



- 1-цилиндрический барабан; 2-крышка; 3-вал;
 4-опорная стойка; 5-рама смесителя; 6-разгрузочный бункер;
 7-передача; 8-гидромотор; 9-трубопровод; 10-гидропривод; 11-рукоятка

Рисунок 2 – Смеситель барабанный

Отличительной особенностью нового смесителя в сравнении с существующими типами и видами барабанных смесителей с горизонтальными осями, является то, что в результате прецессионного вращения наклонной оси

цилиндрического барабана относительно его геометрической оси, за один его оборот масса материала загрузки циклически, дважды переваливается «туда - обратно», одновременно в двух направлениях – окружном и осевом, что способствует интенсификации и эффективности процесса перемешивания компонентов смеси, повышению качества и сокращению времени смешения.

Для обоснованного выбора конструктивных параметров (размеров и объема барабана), режимов работы и силового, динамического расчета смесителя новой конструкции, был предложен простой и наглядный метод исследования движения материала загрузки внутри барабана.

На основе принципа отвердевания, подвижная масса материала загрузки в процессе ее непрерывного перемешивания внутри барабана смесителя, рассматривалась как «застывшая», с одним центром масс в каждом из 3-х, характерных, дискретных, мгновенных положениях, которое она занимает дважды в течение одного оборота барабана. Определены геометрические параметры, массы и моменты инерции фигур материала загрузки в его характерных положениях.

С использованием топологических инвариантов фигуры материала загрузки, при его движении внутри барабана смесителя определены кинематические параметры центров масс этих фигур и построены диаграммы их изменения за один оборот барабана.

Сила тяжести барабана $-\bar{G}$ постоянно приложена в его центре масс, точке O на оси вала, также как и силы приложены к подвижному центру масс материала загрузки в точке $C(C', C'')$ передаются на вал барабана в точках 1 и 2, (рисунок 3).

Применяя метод сечений и рассматривая участок вала между точками 1 и 2, из условий его равновесия, находим силы N_1 и N_2 , приложенные в точках 1 и 2: для положения а), в), б).

Для определения реакции опор A и B в вертикальной координатной плоскости XOY , рассматриваем равновесие вала под действием приложенных к нему сил в положении а), в), б).

В выше приведенных уравнениях: $l_1 \approx 0,05 * l_0$ - конструктивный размер, (рисунок 3, а):

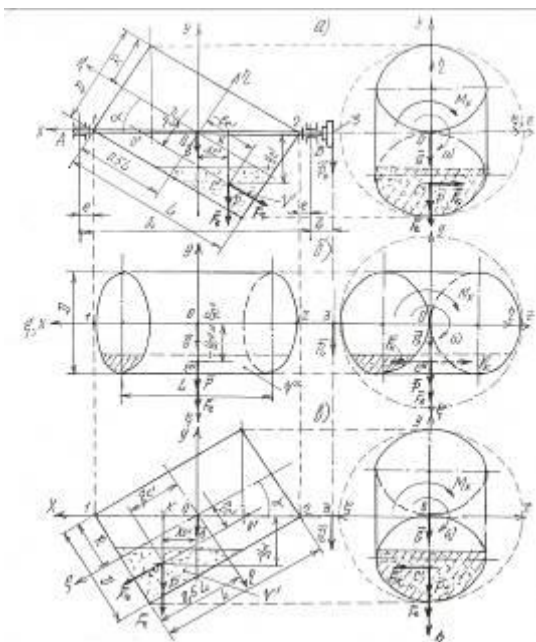
$$l_0 = D * \sin \alpha + L * \cos \alpha + 2e = l_{12} + 2e. \quad (8)$$

расстояние между опорами A и B вала.

Для определения работы и мощности затрачиваемой на вращение барабана смесителя с загрузкой, используем уравнение его динамического равновесия в форме уравнения моментов сил действующих в плоскостях перпендикулярных оси вращения барабана OX , в рассматриваемых мгновенных, дискретных положениях а), б) и в) (рисунок 3).

Для чего вначале рассмотрим положения массы материала загрузки барабана между а) и б), и между б) и в), (рисунок 3), полагая при этом, что круговой сегмент поперечного сечения $C'K \perp$ оси OX , фигуры объема

материала загрузки, находится под углом $-\varphi = 45^\circ (\pi/4)$, в положении между а) и б), и под углом $-\varphi = 135^\circ (3\pi/4)$, в положении б) и в).



из положения а) $\varphi = 0; 360^\circ (0; 2\pi)$;
в положения б) $\varphi = 90^\circ (\frac{\pi}{2})$; в) $\varphi = 180^\circ (\pi)$;

Рисунок 3 – Расчетные схемы смесителя новой конструкции в 3-х характерных положениях соответствующих повороту барабана на углы $-\varphi$:

На (рисунке 4) представлена схема к определению момента M_x

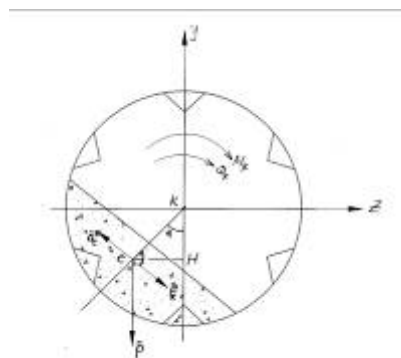


Рисунок 4 – Схема к определению момента M_x

Под углами равными или большими углов естественного откоса материалов загрузки. Выражение для нахождения мощности необходимой для вращения барабана смесителя с загрузкой получим, записав уравнение динамического равновесия. Согласно расчетной схеме по (рисунку 4) будем иметь:

$$P * CH + F_K * CK - M_x = 0, \quad (9)$$

где $CK = (R - \frac{2}{3}B')$; $CH = CK * \sin \varphi = (R - \frac{2}{3}B') * \sin \varphi$;

$\varphi = \omega t$ – угол поворота барабана; $\omega = \omega_x$;

R – радиус барабана;

B' – высота сегмента;

С учетом последних выражений уравнение (9) примет вид:

$$(P * \sin \omega t + F_K) * (R - \frac{2}{3}B') - M_x = 0;$$

откуда:

$$M_x = (P * \sin \omega t + F_K) * (R - \frac{2}{3}B'), \quad (10)$$

момент необходимый для вращения барабана смесителя с загрузкой;

где $P = m_3 g$ – вес загрузки;

$F_K = -m_3 * a_c^K$ – сила инерции Кориолиса;

$m_3 = V_3 * \gamma_c$ – масса материала загрузки; где γ_c – удельный вес смеси, который определяется по количественному составу ее компонентов.

$V_3 = V' = V''$ – объем материала загрузки, см. выше.

Уравнение (10) получено без учета момента сил сопротивления $-M_0$ в подшипниковых опорах качения ввиду их малости, а также без учета момента сил инерции барабана с валом $-M_{их}^0 = I_x^0 * \varepsilon_x = 0$; где $\varepsilon_x = 0$; при $\omega_x = const$.

Полезная мощность при вращении барабана с загрузкой определяется по формуле:

$$N_{бп} = \frac{M_x * \omega_x}{1000} \text{ кВт}, \quad (11)$$

где M_x – определяется по уравнению (10);

$\omega_x = \omega$ – задается при проектировании.

На основе полученных данных рассмотрена динамика загруженного смесителя. При этом были определены силы инерции, действующие на барабан смесителя с валом в процессе вращения вокруг горизонтальной оси, с учетом асимметрии и движения материала загрузки внутри барабана. Определены

реакции опор вала барабана с учетом действия сил инерции неуравновешенного барабана, момент сопротивления при вращении барабана и полезная мощность потребляемая смесителем в процессе его работы.

Приведены расчетные схемы и формулы для определения вращающих моментов, которые необходимо приложить к валу барабана при пуске смесителя, а также формулы для определения критического числа оборотов барабана при изгибных (поперечных) и осевых, крутильных колебаниях его вала.

Отмечена особенность рассматриваемой конструкции барабанного смесителя - его конструктивная и технологическая неуравновешенность, приводящие к статической и динамической неуравновешенности, которая приводит не только к дополнительным нагрузкам на опоры вала барабана при постоянной угловой скорости его вращения, но и является в то же время технологической неуравновешенностью, обуславливающей эффективность процесса смешения компонентов материала загрузки.

Рассмотрены и решены также задачи возбуждения колебаний неуравновешенным вращающимся барабаном смесителя с загрузкой и их частичного гашения с использованием виброизолирующих прокладок между опорами вала барабана и стойками рамы смесителя.

В четвертой главе. На основе разработанных моделей и положений, приводятся примеры практических инженерных расчетов при проектировании барабанного смесителя новой конструкции. При этом, впервые для выбора рациональной формы барабана смесителя, были использованы элементы топологии.

Для выбора рациональной формы барабана используем топологические инварианты трехмерных геометрических фигур, при постоянном объеме - $V_{\sigma} = const$: прямая призма с квадратным основанием, правильная шестиугольная призма и прямой круговой цилиндр.

У этих фигур их продольные оси симметрии $\mathcal{E} - \mathcal{E}$ пересекается под углом $-\alpha$ с горизонтальной осью вращения барабана $X-X$.

Первые две формы имеют боковые грани, которые способствуют интенсивности перемешивания материала загрузки при его перевалке внутри барабана, в окружном направлении за счет его подъема на большую высоту.

В отличие первых двух, третья форма в виде полого цилиндра, имея гладкую поверхность, способствует интенсивному перемешиванию (перевалке) материала загрузки в продольном, осевом направлении, и меньшую по сравнению с первыми двумя формами, высоту подъема материала загрузки внутри барабана.

По трудоемкости изготовления корпуса барабана (конструктивно-технологический фактор) первые две формы корпуса барабана уступают третьей форме в виде полого кругового цилиндра.

Приведенный краткий анализ форм барабанов позволяет сделать предварительный выбор цилиндрического барабана с шестью продольными гребнями внутри, расположенными равномерно по окружности, что создает

дополнительный эффект перемешивания материала загрузки в окружном направлении, такой же как у шестигранного барабана. Их наличие способствует подъему материала загрузки внутри барабана на большую высоту чем в барабане с гладкими стенками, и приводит к более интенсивной перевалке и перемешиванию, предположительно выше чем в барабане шестигранной формы.

Так как проектируемый новый смеситель является универсальным, передвижным, предназначенным для получения бетонных, растворных и сухих смесей, установлен диапазон рабочих скоростей вращения барабана, который послужил основой для выбора регулируемого гидропривода с плавным регулированием скоростей вращения выходного вала. Приводится описание его устройства и режимов его работы, а также методика расчета его основных параметров и характеристик с использованием графиков, диаграмм и номограмм.

$$\text{Используя равенство: } z * \varphi = \omega_{\bar{o}} * t_{\bar{u}},$$

где z - число циклов смешения в час, (ч^{-1});

$$\varphi = 2\pi \text{ - угол поворота барабана, (рад);}$$

$$\omega_{\bar{o}} = \frac{\pi n_{\bar{o}}}{30} \text{ - угловая скорость вращения барабана, } \text{с}^{-1};$$

$$t_{\bar{u}} \text{ - время смешения за один цикл, (с).}$$

и формулу часовой производительности смесителя:

$$P_{\text{час}} = V_3 * f * z, (\text{м}^3 / \text{час});$$

где $f = \frac{V_2}{V_3}$ - коэффициент выхода готовой смеси;

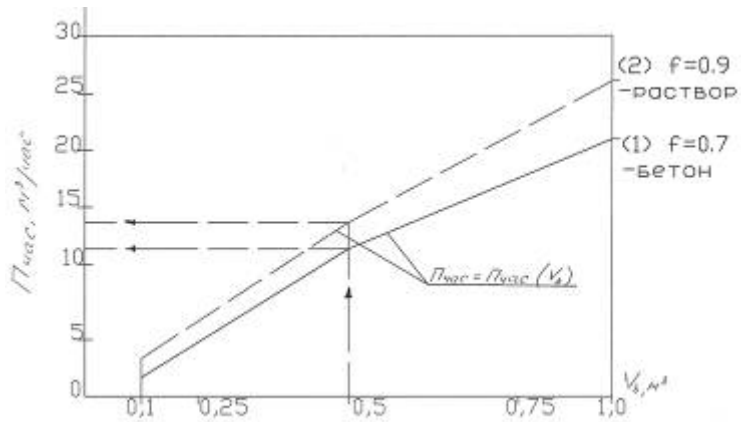
$$f_{\bar{o}} = 0,7 \text{ - для бетонов;}$$

$$f_p = 0,9 \text{ - для растворов;}$$

V_2 - объем готовой смеси;

V_3 - объема загрузки барабана.

Получим зависимость часовой производительности смесителя - $P_{\text{час}} = P_{\text{час}}(V_3)$ от объема загрузки - (V_3), при $z = \text{const}$; и $f = \text{const}$, см. графики на (рисунке 5) и коэффициенте заполнения барабана - $\dot{\varphi} = 0,35$.



- (1) при получении бетонов;
- (2) при получении строительных растворов;

Рисунок 5 - Зависимость часовой производительности смесителя $P_{час} = P_{час}(V_3)$, от объема загрузки (V_3) барабана

При регулируемом приводе, для выбора рабочей скорости вращения барабана смесителя предлагается использовать зависимость числа оборотов барабана $n_{\sigma} \approx n_{\sigma}(t, z)$, от времени перемешивания t (мин) и количества замесов $z = \frac{60}{t}$, $час^{-1}$. При продолжительности перемешивания t , получим (рисунок 6).

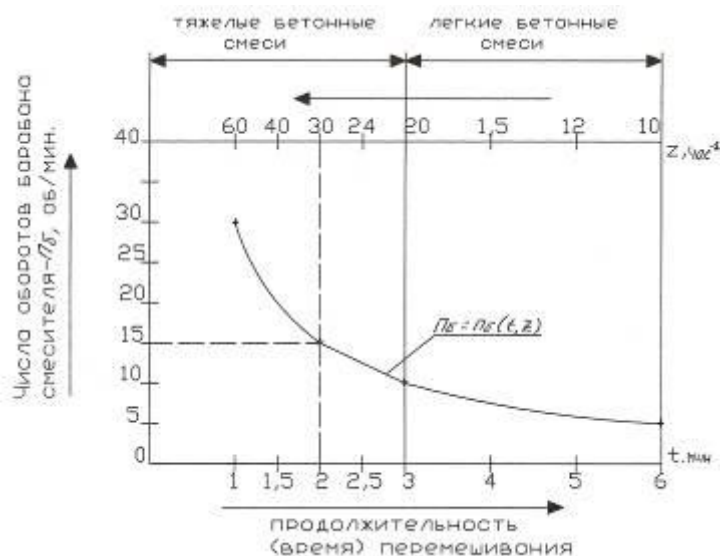


Рисунок 6 – График зависимости числа оборотов n_{σ} барабана смесителя от времени перемешивания t и количества замесов z

В работе приведен графический метод расчета двухопорного вала барабана смесителя по найденным нагрузкам и расчет на прочность цилиндрической тонкостенной обечайки барабана.

Для подтверждения полученной в работе теоретической зависимости числа оборотов барабана смесителя $n_{\sigma} = n_{\sigma}(t, z)$ от времени перемешивания $-t$ и количества замесов $-z$, а также оценки качества смешения от этих параметров, в данном разделе приведены результаты проверки процесса смешения на сухой смеси компонентов в опытной установке, которая представляет собой уменьшенную модель барабана новой конструкции смесителя.

Проведение экспериментальных исследований производилось на лабораторном стенде. Барабан смесителя был закреплен в патроне токарно-винторезного станка 1-К62 (рисунок – 7).



Рисунок 7 - Лабораторный стенд

Техническая характеристика экспериментального стенда;
Диаметр барабана, мм – 170;
Длина барабана, мм – 170, 212, 255;
Число оборотов барабана, об/мин -12,5, 16,0, 20,0;
Объем барабана, дм³ - 5,0, 6,25, 7,5;
Среда смешения – сухая смесь.

В соответствии с геометрическим подобием модель выполнена в уменьшенном масштабе из прозрачного материала (полиэтилена), с сохранением заданных соотношений между длиной $-L$ и диаметром $-D$ барабана действительной конструкции, а именно: $P = L/D = 1; 1,25; 1,5$. При этом барабан модели выполнен из 2-х частей, позволяющих изменять его длину.

Эксперименты проводились согласно плана – таблицы 1, составленной для 3-х отношений $-P = L/D$, содержащей строки и колонки задаваемых чисел оборотов барабана $-n_{\sigma}$ (об/мин) и регистрируемого времени смешения

$-t_c$ (сек), за один цикл $-z=1$, получения однородной смеси, при неизменном коэффициенте заполнения $-φ=0,43$.

Таблица 1 - План - таблица эксперимента

Отношение L/D	$P=1$			$P=1,25$			$P=1,5$		
Обороты барабана $-n_0$ (об / мин)	12,5	16,0	20,0	12,5	16,0	20,0	12,5	16,0	20,0
Время смешения - t_c (сек),	40	29	20	60	45	35	90	70	50
Однородность	95	75	50	95	75	50	95	75	50

На рисунке – 8 представлен график зависимости времени перемешивания от числа оборотов барабана при различных его объемах.

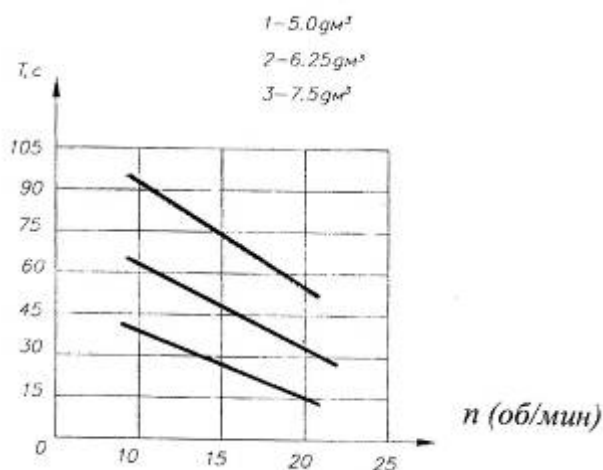


Рисунок 8 – График зависимости времени перемешивания сухой смеси T от числа оборотов барабана n

В результате испытаний установлена рациональное соотношение размеров барабана при котором происходит равномерное перемешивание смеси при $L/D=1,0/1,25$ и число оборотов в пределах 12,5 ...16, что соответствует теоретическим расчетам и подтверждаются уравнением регрессии $y = 505,5 - 17,0X_1 - 3,3X_2$.

В экономическом разделе приводятся основные технико – экономические показатели новой конструкции барабанного смесителя с пересекающимися осями вращения, капитальные и эксплуатационные затраты, срок окупаемости, оценка экономической эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе теоретических и комплексных экспериментальных исследований по отработке технологических режимов и работоспособности

механической конструкции узлов бетоносмесителя изложены новые научно – обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в повышение производительности процесса приготовления бетонных смесей при одновременном уменьшении энергозатрат.

Основные научные и практические выводы, полученные в результате завершённых исследований, заключается в следующем:

1. На основе анализа существующих видов и типов барабанных бетоносмесителей с горизонтальными и наклонными осями вращения была предложена принципиально новая конструкция бетоносмесителя, ось барабана которого пересекает под некоторым углом горизонтальную ось вращения барабана, обеспечивающая эффективность процесса перемешивания компонентов смеси, повышение качества и сокращение времени перемешивания, определены геометрические параметры, масса и момент инерции фигур материала загрузки в его характерных положениях.

2. Рассмотрены условия оборачиваемости материала загрузки в барабане смесителя, при ее движении по круговым и параболическим траекториям, представлены математические модели процесса для определения мощности, потребляемой смесителем в зависимости от основных размеров барабана, (его диаметра и длины), а также степени его загрузки материалом смеси и условий его оборачиваемости, выведены формулы для определения рабочей и критической скоростей вращения барабана смесителя с горизонтальной осью вращения;

3. С использованием топологических инвариантов фигуры материала загрузки при его движении внутри барабана смесителя определены кинематические параметры центров масс этих фигур и построены диаграммы их изменения за один оборот барабана; на основе полученных данных выполнен расчет динамики смесителя с загрузкой, определены силы инерции, действующие на барабан смесителя с валом, в процессе вращения вокруг горизонтальной оси, с учетом ассиметрии и движения материала загрузки внутри барабана;

4. Разработана методика инженерного расчета основных кинематических и конструктивных параметров барабанного смесителя новой конструкции с учетом динамической неуравновешенности, обуславливающей интенсификацию процесса перемешивания компонентов материала загрузки при этом выбор рациональной формы барабана смесителя впервые осуществлен с использованием элементов топологии;

5. Предлагаемый бетоносмеситель является универсальным, предназначенным для получения бетонных, растворных и сухих смесей; установлен диапазон рабочих скоростей вращения барабана, который послужил основой для выбора регулируемого, гидропривода с плавным регулированием скоростей вращения выходного вала; на основе проведенных экспериментальных работ, найдены рациональные значения соотношения диаметра и длины барабана и скорости вращения;

6. Ожидаемый экономический эффект от применения новой конструкции барабанного смесителя с пересекающимися осями вращения при объеме

выпускаемого бетона в среднем за год 23760 м³, составляет 1,9 млн. тенге со сроком окупаемости 1,6 в год.

Оценка полноты решения поставленных задач. Установлены и теоретически обоснованы технологические параметры приготовления бетонной смеси, условия оборачиваемости материала загрузки в барабане смесителя при его движении по круговым и параболическим траекториям и в предложенной новой конструкции смесителя, ось вращения барабана которого пересекает под некоторым углом геометрическую ось и проходит через центр тяжести барабана. Это позволяет интенсифицировать процесс перемешивания компонентов смеси.

Приводится разработанная инженерная методика расчета основных кинематических и конструктивных параметров барабанного смесителя новой конструкции с учетом динамической неуравновешенности. Эффективность этой методики подтверждается экспериментами на натуральных опытно – промышленных образцах машин, с использованием методов математического анализа и математической статистики при обработке данных.

Разработка рекомендации и исходных данных по конкретному использованию результатов. Разработанная инженерная методика расчета основных кинематических и конструктивных параметров барабанного смесителя новой конструкции с учетом динамической неуравновешенности, могут быть использованы при разработке проектов установок и внедрении их в промышленность, что позволит получить значительный экономический эффект от их внедрения, а также для подготовки специалистов в сфере горной промышленности.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения. Разработанная методика инженерного расчета основных кинематических и конструктивных параметров барабанного смесителя новой конструкции с учетом динамической неуравновешенности и технология перемешивания материалов бетонной смеси в новой конструкции смесителя, позволяющей интенсифицировать процесс перемешивания компонентов. Результаты диссертационной работы приняты к внедрению при проектировании бетоносмесительных установок позволяющих придерживаться их рекомендаций в процессе проектирования предприятиями ТОО«Темир – бетон 1», АО«Трансстроймост», ТОО«НПО Мостовик - KZ», ТОО ПФ «Жана Жол» и РГП «НЦ КПМС РК». Ожидаемый расчетный экономический эффект составляет 1,9 млн. тенге со сроком окупаемости 1,6 в год.

Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в этой области. Проведенный обзор и сравнительный анализ литературы, а также опубликованные материалы и опытно – промышленное внедрение выполненных разработок на предприятиях подтверждают, что новизна и перспективы их развития соответствуют современному научно-техническому уровню.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

- 1 Нурмуханова А.З. Оценка технического состояния оборудования стационарных бетоноприготовительных заводов. Труды X Юбилейной Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан - 2030». Выпуск 2. – Караганда, 2007.- С.454 – 456.
- 2 Нурмуханова А.З. Анализ причин отказов бетоноприготовительных установок. Труды X Юбилейной Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан - 2030». Выпуск 2. – Караганда, 2007. - С.457 – 459.
- 3 Аканов Х.Г., Нурмуханова А.З. К вопросу методики расчета надежности оборудования бетоноприготовительных установок. Вестник КазНТУ № 1 (64) /2008 С.174 – 178.
- 4 А.С. 61484. РК. Центробежный смеситель. А.З. Нурмуханова, В.В. Поветкин; опубл 15.09.2009, бюл.№9.
- 5 Нурмуханова А.З., Поветкин В.В. и др. Центробежный смеситель. Заявка о выдаче инновационного патента РК на изобретение № 6970. (Заявка № 2009/0960.1).
- 6 Аканов Х.Г., Нурмуханова А.З. Исследования движения материала загрузки барабанных смесителей с горизонтальной осью вращения. Труды университета. Выпуск 3 (36) – Караганда, 2009. – С.49 – 51.
- 7 Аканов Х.Г., Нурмуханова А.З. Расчет полезной мощности потребляемой барабанным смесителем. Труды университета. Выпуск 3 (36) – Караганда, 2009. – С.68 – 69.
- 8 Поветкин В.В., Нурмуханова А.З. Разработка новой конструкции, основ расчета и проектирования барабанного смесителя для бетонов и строительных растворов. Вестник КазНТУ № 4 (74) /2009. - С.108. – 111.
- 9 Поветкин В.В., Нурмуханова А.З. Центробежный бетонный смеситель. Вестник КазНТУ № 6 (74) 2009. – С. 128-131
- 10 Поветкин В.В., Нурмуханова А.З. Выбор кинематических параметров бетоносмесительной установки. Сборник научных трудов Республиканской научно – практической конференции «Строительная индустрия Казахстана: кадры, новые материалы и технологии» Алматы, 2009. – С.122-125.
- 11 Поветкин В.В., Нурмуханова А.З. Выбор привода бетоносмесителя. Горный журнал Казахстана № 04 (59) 2010. – С.34-36.

«Бетонараластырғыш қондырғының динамикалық негіздегі барабан араластырғыш қызбаның пайдаланылуы»

Нұрмұханова Әлпия Зейнуллақызының 05.05.06 – «Тау машиналары» мамандығы бойынша техника ғылымдарының кандидаты дәрежесін алу үшін жазған диссертациясының авторефераты.

Түйіндеме

Зерттеу объектісі. Тау кені орнында пайдаланылған жаңа бетонараластырғыш қондырғының қолданылуы.

Жұмыстың мақсаты. Араластырғыштың барабанының динамикалық ауытқуына негізделген эффектілік өңдеу.

Жұмыстың өткізу әдісі. Теориялық зерттеулерді жалпы әдістемелі құрама ғылыми жинақтан қорытудың өзара толықтыратын элементтерін кіргізетін және математика, механика, физикалық тәжірибелердің қағидасын сараптау, математикалық нұсқаны қолдану арқылы өткізу.

Жұмыстың нәтижелері. Келесі негізгі ғылыми жағдайлары мен нәтижелері:

-бетондық материалдардың интенсификациялық процессте араласуы барабан араластырғышта кейбір барабанның геометриялық бұрыштың осі арқылы орта салмақпен өтетін кинематикалық өзгерістің бірнеше қоспаның компоненті, жоғары дәрежеде біркелкі материалдардың араласуы;

-барабан араластырғыштың қойылған байланысы мен жиі айналымы және материалдарды толықтырушыда үзіліс бұрыштарында бетонараластырғыш қондырғының рационалдық айналымын анықтауға мүмкіндік береді, қоспа компоненттерін араластырғандағы тиімділігін және интенсификациясын дамытып, сапасын көтеріп, араластыру уақытын азайтады.

-барабаның бір айналым мерзімінде материалдың топологиялық инварианттар фигуралардың массасы бірленген масалық центрі бар жүктелген материалдардың қатаю принципіне негізделген, берілген конструкциясына кинематикалық параметрлерін тағайындалды.

Негізгі құрылым, технология және техникалық пайдаланудың мінездемесі. Жаңа араластырғыш құрылымның қысқартылған барабанның үлгісін көрсететін тәжірибе қондырғысындағы құрғақ қоспалардың түрлерін араластыру үрдісі сапасының бағасы.

Жаңа бетон араластырғыш қондырғының техникалық мінездемесі.

Құрғақ бетон қоспаларының көлемі, л – 1300;

Дайын ерітіндінің көлемі, л:

бетон қоспасы -1000,
құрылыс ерітінділері – 1300;
Жұмыс циклінің бір сағаттағы саны:
бетон қоспасының дайындалу кезіндегі айналымы, - 30,
құрылыс ерітінділерінің дайындау кезіндегі айналымы, - 30;
Толтырудың ірілігі - 20 –ға жуық;
Механизмді араластыру валының айналу жиелігі минутына, - 15;
Электр білігінің қойылу күші кВт, - 5;
Үлкен өлшемі, м:
ұзындығы - 1,857,
биіктігі – 0,464,
барабанның диаметрі – 1,3;
Барабан салмағы кг, - 445,5.

Енгізу дәрежесі. «Темір - бетон 1», АҚ «Трансстроймост», «Мостовик КЗ», «Жаңа Жол» және РМӨ«ҚР МШҚӨКҰО» өндірісіне бетон дайындау технологиясы араластырғыш қондырғыда жаңа құрылымның негіздеуінде құрылымдық, кинематикалық және күшті параметрлер арқылы әзірлеуге берілді.

Ғылыми зерттеу жұмысын енгізу және енгізудің нәтижесі туралы ұсыныстар. Конструктивтік және кинематикалық параметрлер арқылы алынған бетондайындайтын жабдықтау, сонымен бірге жүргізілген эксперименттік нәтижелері қондырғының проектісінде қолданылуы және оларды тау кені өндірісінде пайдалануы, үлкен тиімді экономикалық эффект алуға жол береді,

Қолдану саласы. Зерттелген конструкция таулы жердегі өндірісте таулы машиналарға жатады, көбінесе тауаврлы бетонмен құрылыстың ерітіндісі.

Экономикалық тиімділік. Қолдануға ұсынылған барабан араластырғыштың жаңа конструкциясы айналым осі арқылы өтетін технико-экономикалық көрсеткіш жылына 1,6 сатып алынатыны 1,9 млн. теңге құрайды.

Зерттеу объектісінің болжамдық жорамалының дамуы. Берілген бетонараластырғыш шахта мен рудник құрылыстарында бетон және құрылыс қоспасын дайындау үшін пайдаланылады. Қоспаның жаңа конструкциясын қолдану өндірістің жүргізу процесін көтере отырып, энергияны аз қолданады.

«Development of concrete mixing plant on the basis of a dynamic unbalance of a drum of the amalgamator»

Abstract of Nurmuchanova Alfiya Zeynullovna, thesis of the nominee for Candidate of Science (Engineering) academic degree, specialty ID 05.05.06 – «Mining machines».

The resume

Object of research. Consists in working out new concrete mixing the installation applied at carrying out of mountain developments.

The purpose of work. Working out new more effective concrete mixing installations on the basis of a dynamic unbalance of a drum of the amalgamator.

Method of realization of work. The theoretical researches have been carried using a complex technique including compound, mutually adding elements of scientific generalization and analysis of rules of mathematics, mechanics, physical experiment, methods of mathematical statistics and mathematical modeling.

Results of work. The following main scientific rules and results:

- the intensification of process of hashing of concrete materials in a drum of the amalgamator with an inclined axis of rotation crossing the geometrical axis of a drum under some angle and passing through the centre of gravity is ensuring the expense of change of kinematics of movement of components of a mix, and higher degree of uniformity of mixed materials;

- the established balance between critical frequency of rotation of a drum of the amalgamator and an angle of a separation of particles of a material of loading allow to advance a rational number of turn-overs of a drum of concrete mixing plant that contributes to an intensification and efficiency of process of hashing of components of a mix, improvement of quality and reduction of time of mixture;

- kinematical parameters of the amalgamator of the offered design are established on the basis of a principle of hardening of the loaded material with one centre of weights with use topological invariants of material figures in its instant positions during one turn-over of a drum.

Basic constructive, technological and engineering – operating characteristics. The estimation of the quality of the process of mixture of a dry mix of components in experimental concrete mixer represents the reduced model of a new designed drum – type mixer.

Characteristics of the new concrete mixer.

Capacity by dry components of a concrete mix, 1-1300;

Capacity by prepared concrete mix:
Concrete 1-1000;
mortar 1 – 1300;
Number of cycles of work per hour:
for concrete, max -30,
for mortars, max – 30;
Max size of aggregate, mm – 20;
Frequency of rotation of shaft of the mixing mechanism, rev/min-15;
The established capacity of the electric motor, kw-5;
Overall dimensions, m:
Length-1,857
Height-0,464
Diameter of the drum, m-1,3;
Weight of the drum, kg-445,5.

Sufficiency of application. Development of the technology for preparation of concrete in new designed concrete mixer with substantiation of its constructive, kinematic parameters and capacity for application to production in the following companies, such as «Temir-beton.Ltd», ISC «Transstroykost», «Mostovik. KZ.Ltd», «Gana Gol» and RGP «NC KPMS RK».

Recommendations for application of results of application of scientifically-research work. The obtained constructive and kinematic parameters of concrete production equipment, and also results of experiments can be used by developing projects of installations and their introduction in mountain production that will allow to receive significant economic benefit of their introduction.

Field of application. The explored design concerns mountain machines at production of mountain outputs and, in particular, to a design of the amalgamator used for production of custom concrete and building mortars.

Economic benefits. From use of the offered new design of the drum-type amalgamator with crossed axes of rotation, technical–economic indicators constitute 1,9 million tenge with payback time 1,6 in a year.

Forecast assumptions about developing of object of research. Offered concrete mixer will be adopted in construction for preparation of construction mixes and concrete. The operation of concrete mixer will allow to increase productivity of process noticeably with reduction of power inputs simultaneously.

Подписано в печать 04.06.2010 г.

Печать типографическая. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная №1. Объем 1 п.л.

Тираж 100 экз. заказ №10

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский институт энергетики и связи»

050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126