

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Кикина Николая Олеговича

«Совершенствование процесса смешивания материалов в горизонтальном лопастном смесителе со стержневыми элементами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21. «Машины, агрегаты и технологические процессы»

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа касается актуальной темы совершенствования смесительного оборудования. Подготовка качественных смесей – неотъемлемая часть многих промышленных производств в различных отраслях промышленности: химической, пищевой, топливной, строительных материалов и многих других. Степень однородности распределения компонентов значительно влияет на качество смеси не только как конечного продукта производства, но и изготавливаемых на ее основе материалов и изделий. Предмет исследования (процесс приготовления смесей) при учёте различия свойств смешиваемых материалов, особенностей производства и экономических возможностей на промышленных предприятиях остаётся сложным для исследований, поскольку осуществляются различными по конструкции смесителями: гравитационными, бегунковыми, барабанными, центробежными и многими другими. Для приготовления сухих смесей, как на крупных предприятиях, так на и малых, распространено применение горизонтальных лопастных смесителей, которые высокопроизводительны, обладают не сложностью конструкции, универсальностью и возможностью управления рабочим процессом. К одному из возможных направлений совершенствования следует отнести решение известного противоречия между сегрегацией и устойчивостью к гомогенности за счёт повышение эффективности процесса приготовления смеси упорядоченным

перемещением фрагментов ее объема рабочими органами оригинальной (авторской) конструкции при учёте режимов работы. Это даёт основание об утверждении актуальности рассматриваемой диссертации.

**Степень достоверности и обоснованности научных положений,
выводов и рекомендаций**

Целью работы является повышение качества подготовки мелкозернистой сухой смеси за счет конструктивного совершенствования рабочих органов горизонтального лопастного смесителя и разработки методики его расчета.

Для достижения цели соискателем были поставлены и решены *следующие задачи*. Разработано адекватное математическое описание, позволяющее рассчитать изменение концентрации ключевого компонента от времени, необходимого для достижения заданных значений с учётом мощности привода смесителя оригинальной конструкции дооснащённой стержневыми элементами цилиндрического профиля. Экспериментально установлено влияние основных факторов на изменение коэффициента неоднородности сухой смеси, времени ее приготовления, предела прочности на сжатие бетонных образцов, полученных из приготовленной смеси, а также потребляемая приводом смесителя мощность с учётом стержневых элементов. Разработана методика расчета основных конструктивных и технологических параметров смесителя оригинальной конструкции. Впервые разработано, на основе результатов проведённых исследований, техническое решение, обеспечивающее повышение качества приготавливаемой смеси в горизонтальном лопастном смесителе, что привело к повышению эффективности рабочего процесса. Результаты работы внедрены в производство и учебный процесс.

Достоверность и новизна полученных результатов исследований, выводов и рекомендаций базируется на использовании современных методов исследования в испытательных лабораториях. Воспроизводимости

экспериментальных данных в пределах заданной точности измерений. В работе использовался комплексный метод исследований, включающий математическое и физическое моделирование, а также корректное применение пакетов прикладных программ моделирования.

Обоснованность научных результатов исследования, степень достоверности полученных выводов и рекомендаций обеспечена правильностью постановки задач, грамотным использованием существующих научных положений, современным математическим аппаратом, обоснованным (на базе известных методов планирования эксперимента) количеством проведенных экспериментальных исследований, которые подтверждают теоретические результаты разработанные автором диссертации.

Научная новизна, научная и практическая значимость работы

В качестве новых научных результатов диссертации выдвинуты следующие положения:

- разработаны математические выражения для определения изменения концентрации ключевого компонента в процессе смешивания в горизонтальном лопастном смесителе со стержневыми элементами, времени смешивания для достижения заданной концентрации ключевого компонента в смесителе со стержневыми элементами, влияния конструктивных параметров стержневых элементов цилиндрического профиля на потребляемую мощность привода смесителя;
- выявлены закономерности изменения концентрации ключевого компонента, времени смешивания и потребляемой мощности при приготовлении цементно-песчаной смеси в горизонтальном лопастном смесителе со стержневыми элементами;
- впервые определены рациональные значения конструктивных и технологических параметров, приводящих к повышению качества

мелкозернистой сухой строительной смеси при уменьшении времени ее подготовки в лопастном смесителе со стержневыми элементами;

- математические модели, разработанные методом регрессионного анализа, адекватно описывают влияние изменения концентрации ключевого компонента цементно-песчаной смеси на предел прочности бетонных образцов на сжатие и мощность потребляемую приводом.

Теоретическая значимость полученных результатов исследований заключается в разработке математических выражений, позволяющих определить более точные значения основных конструктивных и технологических параметров горизонтального лопастного смесителя со стержневыми элементами, а также в выявлении закономерностей изменения значений параметров и режимов процесса перемешивания.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- разработана методика расчета основных конструктивных и технологических параметров смесителя оригинальной конструкции (со стержневыми элементами) базирующаяся на разработанных математических выражениях при учёте известных методик;

- разработана оригинальная конструкция смесителя в виде установки дополнительных стержневых элементов для горизонтального лопастного смесителя (защищена патентом РФ), обеспечивающая повышение качества смеси за счёт снижения коэффициента её неоднородности;

- результаты работы внедрены на предприятии ООО «Экохим-Инкапол» при подготовке цементно-песчаной смеси класса прочности В12,5 по ГОСТ 31358–2019. Высокая эффективность технологии подтверждена следующими результатами: установлено снижение коэффициента неоднородности смеси на 9,7 % и повышение предела прочности на сжатие изготовленных из нее образцов бетона на 8,1 % в сравнении с образцами, изготовленными смесителем без стержневых элементов. Это привело к сокращению содержания цемента на 9,8 % при соблюдении требований к однородности смеси и прочностным характеристикам приготавливаемого из неё бетона.

Оценка содержания работы и ее завершенности

Диссертация изложена доступным языком и оформлена в соответствии с требованиями гос. стандартов и ВАК РФ. Структура и содержание диссертации соответствует поставленной цели и решаемым задачам. Работа содержит иллюстрации и таблицы, наглядно демонстрирующими полноту экспериментальных данных и достоверность полученных результатов. Автореферат полно раскрывает содержание диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения по работе, списка литературы из 142 наименований и 4 приложений. Работа изложена на 187 страницах основного текста, включающего 51 рисунок, 18 таблиц, список литературы из 142 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы. Сформулированы цель и поставлены задачи исследований, указаны научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлена общая структура работы и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проанализированы исследования отечественных и зарубежных научно-технических разработок в области их создания и совершенствования. Показаны преимущества и недостатки различных видов оборудования для приготовления сухих смесей. Оценен вклад и обобщены результаты научных исследований известных ученых в области смешивания материалов. Обоснован выбор объекта исследования, сформулирована цель диссертации и поставлены задачи для ее достижения.

Во второй главе представлено разработанное автором техническое решение, в виде конструкции со стержневыми элементами, установленными перед лопастями смесителя с горизонтальным расположением валов, защищенное патентом РФ на полезную модель, обеспечивающее повышение качества подготовки сухой смеси с учетом особенности ее мелкозернистости.

На цифровых моделях смесителя в программной среде EDEM исследовано влияние формы поперечного сечения стержневых элементов на характеризующий процесс смешивания, коэффициент неоднородности смеси. Установлена наиболее целесообразная, цилиндрическая форма. На основе диффузионной модели получены математические выражения, позволяющие определить изменение концентрации ключевого компонента смеси, времени, необходимого для достижения задаваемой концентрации ключевого компонента. Найдены закономерности изменения концентрации ключевого компонента цементно-песчаной смеси и времени ее смешивания до достижения заданной концентрации ключевого компонента от конструктивно-технологических параметров смесителя промышленного типоразмера. Установлены области рациональных значений параметров конструкции. Разработано математическое выражение для определения мощности, затрачиваемой на преодоление сил лобового сопротивления при вращении лопастей с установленными стержневыми элементами в сыпучей среде материала. С использованием этого выражения и известных результатов более ранних исследований выявлены закономерности изменения полной затрачиваемой мощности и ее составляющих от конструктивно-технологических параметров смесителя при движении лопасти с установленными стержневыми элементами в цементно-песчаной смеси.

В третьей главе диссертации излагается программа проведения экспериментальных исследований и описание экспериментальной установки двухвального лопастного смесителя со стержневыми элементами цилиндрического профиля. Приведены технические характеристики используемых оборудования, средств контроля измерений и входящих в состав смеси материалов. Представлены методики экспериментальных исследований для изучения процесса смешивания материалов с различными характеристиками и свойствами. методики проведения экспериментальных

исследований. Для проведения регрессионного анализа предлагается план и методика многофакторного эксперимента (ЦКРП-2³).

В четвертой главе проведено планирование физического эксперимента, в частности дано описание функции отклика, варьируемые факторы и уровни их варьирования при исследовании процесса смешивания мелкозернистой цементно-песчаной смеси. Обоснован выбор основных факторов, характеризующих процесс смешивания и результаты экспериментальных исследований. Представлены уравнения регрессии, адекватно описывающие зависимости от варьируемых параметров коэффициента неоднородности и концентрации ключевого компонента смеси; предела прочности на сжатие изготовленных из нее бетонных балочек; мощности, потребляемой приводом смесителя. Приведены результаты исследования полученных функциональных зависимостей. Экспериментально подтверждена адекватность разработанных и приведенных во второй главе диссертации математических выражений для определения изменения концентрации ключевого компонента смеси, времени, необходимого для получения заданной концентрации ключевого компонента и мощности, потребляемую приводом смесителя с установленными стержневыми элементами.

В пятой главе излагается разработанная методика инженерного расчета конструктивно-технологических параметров горизонтального лопастного смесителя со стержневыми элементами цилиндрического профиля с примером расчета смесителя промышленного типоразмера. Приведены результаты опытно-промышленных испытаний горизонтального лопастного смесителя периодического действия СГО-4 предприятия ООО «Экохим-Инкапол», подтвердившие эффективность применения стержневых элементов. Даны результаты расчета экономического эффекта от использования научно-технической разработки. Приведены сведения об использовании результатов диссертации в образовательном процессе БГТУ им В. Г. Шухова.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации

По результатам диссертации Кикиным Н.О. опубликовано 18 статей, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен 1 патент РФ на полезную модель.

Основные замечания по работе

1. Пункт 5 научной новизны: «Установлены рациональные конструктивно-технологические параметры, обеспечивающие повышение качества мелкозернистой сухой строительной смеси и уменьшение времени ее подготовки в лопастном смесителе со стержневыми элементами» следовало отнести к практической значимости.

2. В теоретических исследованиях за качественную характеристику процесса смешивания принята концентрация ключевого компонента в смеси без обоснования отданного предпочтения.

3. Объем диссертационной работы несколько завышен, что можно было сократить за счет ее редактирования. Например, объединение представленных на рисунке 4.9 четырех графиков (а, б, в и г), характеризующих изменение концентрации ключевого компонента смеси при различных значениях частоты вращения лопастных валов.

4. В тексте встречаются не конкретные описания рассматриваемых процессов. Так на стр. 44, при анализе результатов имитационного моделирования процесса смешивания в программной среде EDEM, вместо словосочетание «гораздо ниже» следовало использовать числовые значения характеризующих его параметров.

5. В третьей главе приведена характеристика экспериментальной установки горизонтального лопастного смесителя со стержневыми элементами, из которой следует возможность его работы как в периодическом, так и непрерывном режимах. По какой причине выбран периодический режим работы, не уточняется.

6. В диссертации целесообразно было указать возможные перспективы применения разработанного технического решения при подготовке крупнозернистых и тонкодисперсных смесей.

7. На рисунке 1 автореферата целесообразно было указать геометрические параметры рабочих органов смесителя, используемые в приведенных аналитических выражениях (1)..(4).

Замечания и отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы. Диссертация Кикина Николая Олеговича является законченной работой, выполненной самостоятельно на должном научном уровне. Работа изложена грамотным литературным языком, ее основные результаты в полной мере опубликованы в авторитетных научных изданиях России и за рубежом. Текст автореферата и публикации соответствуют содержанию диссертации.

Квалификационная оценка диссертации

Диссертационная работа соискателя Кикина Н.О. отвечает требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (с изменениями и дополнениями), содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.5.21. - Машины, агрегаты и технологические процессы, а именно областям исследования, которые изложены в следующих пунктах: 1. «Разработка научных и методологических основ, технических и технологических требований к проектированию и созданию новых машин, агрегатов и технологических процессов». 4. «Исследования параметров машин и агрегатов и их взаимосвязей при комплексной механизации основных и вспомогательных процессов и операций с использованием моделирования, численных и физических экспериментов».

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научные положения и обоснованные технические и технологические решения по повышению качества подготовки мелкозернистой сухой смеси в горизонтальном лопастном смесителе

оригинальной конструкции, а ее автор, **Кикин Николай Олегович** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21 - Машины, агрегаты и технологические процессы.

**Официальный оппонент: доцент ВАК РФ,
доктор технических наук
(05.05.04 – «Дорожные, строительные и
подъемно-транспортные машины»),
профессор кафедры транспортных и
технологических машин
ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»**

Виталий Васильевич Минин



Контактная информация: ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
660041, Россия, Красноярский край, г. Красноярск,
пр. Свободные, 79.
Тел.: +79130477804, e-mail: vminin@sfu-kras.ru