

АНАЛИЗ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕРТИКАЛЬНО-ВРАЩАЮЩИХСЯ КАТКОВ С КОМПОНЕНТАМИ СМЕСИ

В. А. Марков, А. С. Григор, М. И. Шахманаева

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Проведем сравнительный силовой анализ традиционных конструкций чашечных смесителей с вертикально-вращающимися катками (ВВК) с позиции степени реализации предложенной концепции процесса перемешивания песчано-глинистых смесей (ПГС). Для сопоставления возьмем традиционные смесители с неподвижной чашей (рисунок 1, а) и вращающейся чашей (рисунок 1, б).

В смесителях с неподвижной чашей формирующийся элементарный объем в слое смеси под катками подвергается в основном только осевому сжатию, деформации сдвига формируются только перед катком и практически отсутствует градиент скоростей в слоях смеси непосредственно под катком. При движении катка по слою смеси без скольжения его мгновенный центр качения находится в точке А, в которой окружная скорость (V_a) катка относительно точки В на днище чаши равна нулю, т. е. $V_a = V_b = 0$.

Таким образом, частицы смеси, находя-

щиеся в зоне контакта, перемещаются при движении катка по циклоидам, что приводит к уплотнению смеси под катком и смещению слоя в направлении движения катка с образованием перед катком "волны" смеси, которая повышает сопротивление его движению, в результате чего каток начинает скользить по слою смеси, увеличивая момент сопротивления на траверсе.

В большей степени соответствуют предложенной концепции перемешивания смесители с ВВК и вращающейся чашей (смесители типа УЗТМ) (рисунок 1, в). При вращении чаши слой смеси направляется под каток, через слой смеси каток получает вращательное движение с окружной скоростью V_a , меньшей, чем окружная скорость чаши V_b в соответствующих точках. Таким образом, под катками имеют место градиент скоростей по толщине слоя смеси и деформации сдвига. Тем не менее, перед катком также образуется "волна" сдвигаемой смеси.

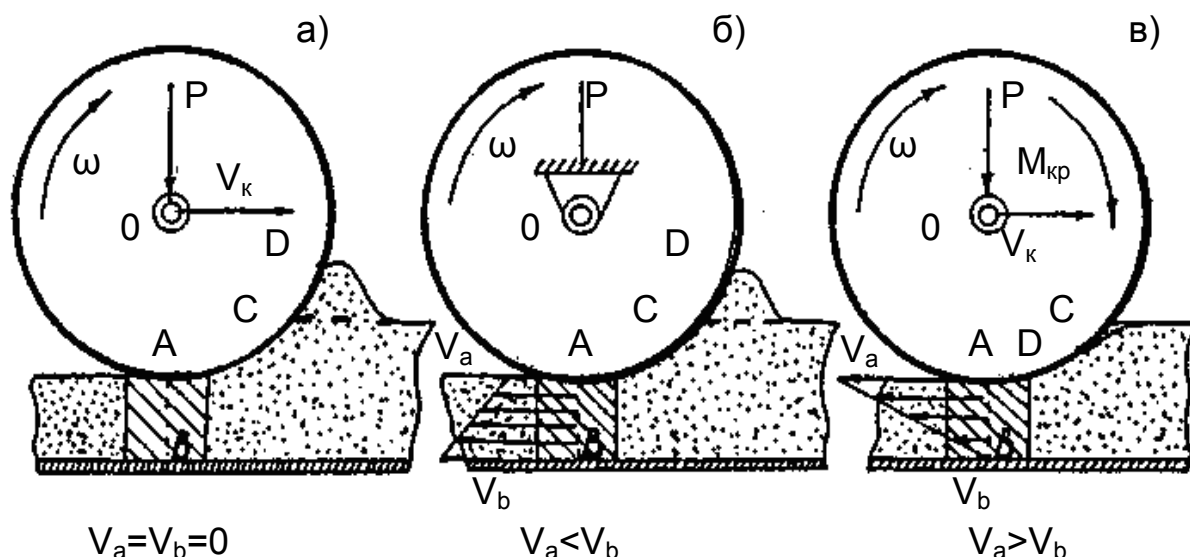


Рисунок 1 – Схема взаимодействия вертикально-вращающегося катка со слоем смеси: а) смеситель с неподвижной чашей; б) смеситель с вращающейся чашей; в) смеситель с ведущими ВВК и неподвижной чашей.

АНАЛИЗ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕРТИКАЛЬНО-ВРАЩАЮЩИХСЯ КАТКОВ С КОМПОНЕНТАМИ СМЕСИ

Важным моментом в этих схемах является то, что в процессе деформации слоя смеси катки выдавливают часть смеси перед собой, то есть при определенной степени загрузки чаши и по мере развития вяжущей способности в адгезивной оболочке и связности частиц смеси между собой происходит увеличение высоты "волны" смеси перед катками. Данное явление можно наблюдать при перемешивании смеси в обычных лабораторных бегунах. В некоторых случаях повышение сопротивления смеси при достижении технологической готовности смеси используют как показатель при автоматизации процесса смесеприготовления.

Следовательно, напрашивается вывод об устранении образующейся "волны" смеси перед катками. Для устранения "волны" перед катком необходимо изменить характер приложения действующих сил, а именно: изменить направление действия силы трения между поверхностью катка и слоем смеси.

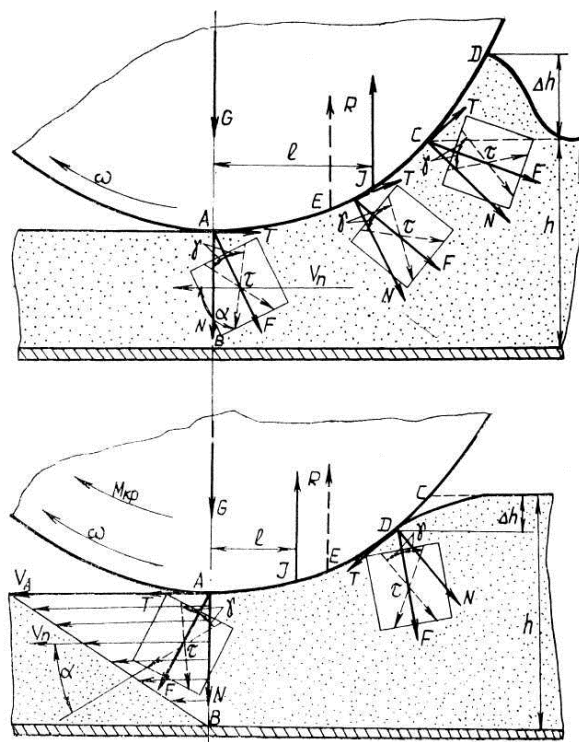


Рисунок 2 – Схема взаимодействия вертикально-вращающегося катка смесителя со слоем смеси и формирование элементарных объемов: а) смеситель с пассивными ведомыми катками; б) смеситель с активными ведущими катками.

Наиболее полно это условие можно реализовать в смесителях с ведущими ВВК и неподвижной чашей. При создании крутящего момента непосредственно на катке (рисунок 1, в) каток перемещается по слою смеси с пробуксовыванием, в результате чего под катком между точками A и B создается градиент скоростей $V_a > V_b$. Следует отметить, что перед катком не образуется "волна" смеси, т.к. за счет изменения направления силы трения частицы слоя смеси захватываются поверхностью катка и затягиваются под каток.

Таким образом, для смесителей с ВВК оптимальным может быть смеситель с ведущими катками, наиболее полно обеспечивающий условие создания градиента скоростей и деформаций сдвига, необходимых для формирования адгезивной оболочки. Конструкции смесителей с ведущими катками разработаны в АлтГТУ.

Для обоснования изложенной схемы силового взаимодействия проведем сравнительный анализ силового взаимодействия (ВВК) со слоем смеси в традиционном смесителе (рисунок 2, а) и в смесителе с ведущим ВВК (рисунок 2, б).

В традиционном смесителе катки получают движение по чаше от траверсы, то есть они являются пассивными или ведомыми катками. В разработанной конструкции катки являются активными или ведущими, так как они получают вращение за счет крутящего момента, передаваемого от привода непосредственно на катки и своим движением по чаше вращают траверсу с плужками. Далее катки традиционного смесителя будем называть ведомыми, а активные катки – ведущими. В исходном состоянии под действием вертикальной силы G начальный слой смеси h деформируется. При этом каждый ВВК воздействует на смесь по дуге AC . Равнодействующая сила реакции смеси R приложена в точке E на дуге AC . При этом расстояние от точки E до вертикали AO образует плечо l момента сопротивления качению катка по слою смеси. Изложенная схема является распространенной в литературе по расчету сил сопротивления при движении катка по слою смеси. Однако, в движении схема силового взаимодействия меняется.

На границе раздела смесь – каток действует в слое смеси сила трения T , направленная по касательной и сила давления N ,

направленная по нормали к поверхности катка.

В традиционном смесителе (рисунок 2, а) сила T направлена по направлению движения катка, в результате чего равнодействующая сила F направлена также по ходу катка. Это приводит к тому, что смесь перед катком выдавливается, образует "волну" и начальный слой смеси h увеличивается на некоторую величину Δh .

При этом вектор сдвиговых деформаций и касательных напряжений τ в элементарных объемах направлены против вектора скорости потока смеси, либо образует угол α больше 90° , что объясняет образование "волны" смеси перед катком. Увеличение начального слоя смеси перед катком приводит к тому, что каток работает уже по дуге AD , в точку J смещается точка приложения равнодействующей силы R , увеличивается плечо l , т.е. происходит увеличение момента сопротивления смеси. Изложенное в полной мере объясняет применение в современных смесителях катков большей массы и большего диаметра до 1200...1400 мм. Катки, по мере увеличения диаметра, менее чувствительны к образованию "волны" перед катком, то есть при увеличении радиуса катка уменьшается крутящий момент сопротивления, приходящийся на траверсу смесителя согласно известных законов механики.

Отличительной особенностью смесителя с ведущими катками является то, что в слоях смеси создается сила трения T , направленная по ходу вращения катка, но против направления его движения, в результате чего результирующая сила F "затягивает" смесь под каток и образует с вектором скорости потока смеси острый угол α . В результате "затягивания" смеси под каток происходит уменьшение толщины слоя смеси непосредственно перед катком на величину Δh , уменьшение дуги охвата AD , уменьшение

плеча l , то есть снижение момента сопротивления движению катка по слою смеси и соответственно, снижение энергозатрат на смешеприготовление.

При формировании сдвиговых деформаций в элементарных объемах смеси важным фактором является направление вектора скорости потока смеси, а также наличие градиента скоростей по толщине слоя смеси. Для традиционного смесителя при движении катка по слою смеси, его мгновенный центр качения находится в точке A , в результате чего скорости в слое смеси между точками A и B равны 0 так как $V_a = V_b = 0$, если каток перемещается без проскальзывания.

Для смесителя с приводом на ВВК в слое смеси под катком имеет место значительный градиент скоростей $V_a \gg V_b = 0$ и создаются условия для совмещения вектора скорости движения потока смеси с активным семейством линий скольжения и наибольших деформаций сдвига.

Изложенная концепция силового взаимодействия рабочих органов смесителя с компонентами смеси в процессе перемешивания позволяет сформулировать одно из направлений модернизации традиционных типов чашечных смесителей с ВВК, например создание смесителей с приводом на катки, а также определить пути разработки принципиально новых конструкций смесителей, обеспечивающих эффективное перемешивание с меньшими энергетическими затратами.

В случае применения ведущих обрезиненных катков нет необходимости увеличивать их диаметр, то есть можно использовать катки меньшего диаметра (катки могут быть выполнены из автомобильных колес, а необходимое силовое воздействие обеспечивать за счет пружин либо других технических решений). 950 °C.