

Новый подход в проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий и сооружений

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ АСИММЕТРИЧНОСТИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ИНЕРЦИОННОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

С. Г. Османов

*Ростовский государственный строительный университет,
г. Ростов-на-Дону (Россия)*

Острая необходимость снижения стоимости растущих объемов бетонных работ в строительстве обуславливает целесообразность повышения производительности и расширения области применения отличающейся своей экономичностью технологии инерционно-конвейерного транспортирования бетонной смеси. С этой целью автором совместно канд. тех. наук А. Л. Жолобовым был разработан новый конструктивный тип инерционных конвейеров бетонной смеси, отличающихся от известных аналогов [1] повышенной производительностью и расширенным диапазоном условий применимости [2, 3].

Их конструкция предусматривает наличие регулируемого электропривода, а также двигателя постоянного тока, преобразование вращательного движения которого в разделяющееся кратковременными состояниями покоя возвратно-поступательное движение рабочего органа (желоба) обеспечивается за счет кулачкового механизма с асимметричным профилем ведущего звена – кулачка. Поэтому среди параметров движения рабочего органа таких установок, кроме основных (амплитуда A и частота ω), присутствуют также параметры его асимметричной формы (далее – параметры асимметричности).

Анализ и оптимизация последних могут позволить дополнительно повысить производительность процесса транспортирования бетонной смеси за счет использования скрытых резервов повышения его энергоэффективности, не зависящих от энергопотребления конвейерной установки.

В соответствии с представленной на рис. 1 типовой диаграммой аналога ускорений W движения рабочего органа конвейера предложенного типа, к числу основных параметров асимметричности следует относить:

$m_{СП}$ – коэффициент распределения фазового угла φ – угла поворота кулачка по участкам соответственно покоя 6 и рабочего цикла 1–5;

$m_{Ц}$ – то же, по участкам поступательного 1–3 и возвратного 3–5 движений желоба, составляющих один рабочий цикл;

$m_{П1}$ – то же, по участкам увеличения и уменьшения ускорения разгона желоба при его поступательном движении;

$m_{П}$ и $m_{В}$ – то же, по участкам разгона и торможения желоба соответственно при его поступательном и возвратном движениях.

Рассмотрим влияние некоторых из представленных параметров на эффективность процесса транспортирования бетонной смеси.

Основными силами, обеспечивающими при инерционно-конвейерном транспортировании бетонной смеси ее перемещение по желобу в направлении выгрузки, являются асимметричные силы ее инерции $F_{И}$, зависящие в случае непрерывной загрузки желоба, главным образом, от величины его ускорений.

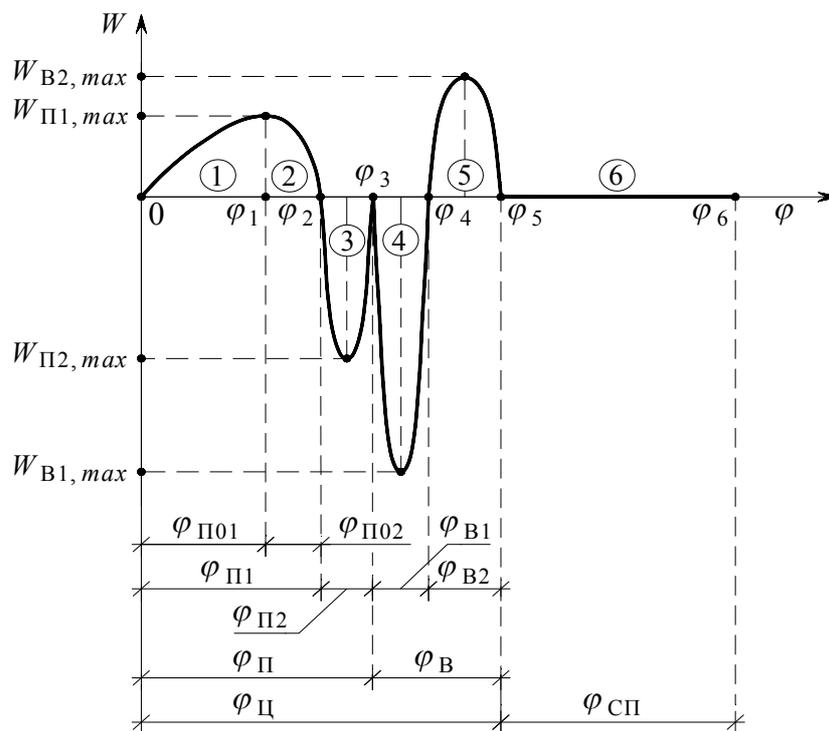


Рис. 1. Типовая диаграмма аналога ускорений движения рабочего органа инерционного конвейера предложенного типа

При этом, поскольку основным воспроизводящим данный асимметричный закон движения элементом в конструкции привода является вра-

щающийся кулачок, то потенциальный запас абсолютных значений аналога ускорения желоба в течение каждого рабочего цикла, не зависящий от амплитуды колебаний, определяется в основном длительностью фазы покая желоба $\varphi_{СП}$, связанной, в свою очередь, с $m_{СП}$ следующим образом:

$$\varphi_{СП} = \frac{2\pi \cdot m_{СП}}{1 + m_{СП}}.$$

Причем с увеличением значения $\varphi_{СП}$ существенно возрастает запас реализуемых значений W , а следовательно, и величина потенциальных сил инерции находящейся в желобе смеси. При этом, как показано на рис. 2, характер зависимости $F_{И, max} = f(\varphi_{СП})$ весьма близок к экспоненциальному.

В соответствии с этим, независимо от вида функции $W = f(\varphi)$, увеличение значения параметра $m_{СП}$ должно приводить к значительному росту скорости, а соответственно, и производительности транспортирования бетонной смеси, что достаточно хорошо подтверждается представленными на рис. 3 результатами проведенных автором экспериментов.

Указанные эксперименты, а также прочие, результаты которых представлены в данной работе, проводились с использованием подвижных (с осадкой стандартного конуса в диапазоне 1–20 см) бетонных смесей состава 1:2,7:4,25 (Ц:П:Щ) на портландцементе марки 500 и гранитном щебне крупностью 5–20 мм. Высота слоя смеси в желобе достигала в среднем 20 см. Изготовленный из ПХВ рабочий орган имел полукруглое дно с радиусом 140 мм; высота вертикальных бортов желоба составляла 150 мм. Амплитуда и частота колебаний рабочего органа соответственно равнялись 35 мм и 135 мин⁻¹.

В ходе экспериментов было установлено, что в общем случае эффективный рост скорости транспортирования бетонной смеси может наблюдаться при значениях $m_{СП}$ до 0,55–0,80. Такой разброс оптимальных значений $m_{СП}^{opt.}$ объясняется тем, что изменение скорости транспортирования смесей различной удобоукладываемости, а также при различных углах наклона желоба к горизонту α с увеличением $m_{СП}$ происходит неодинаково. Так, например, при транспортировании вниз по уклону желоба, а также по горизонтали наибольшую скорость бетонной смеси обеспечивают существенно более высокие значения $m_{СП}$, чем при ее транспортировании вверх по уклону. Причем, как впоследствии было выяснено, в последнем случае значение $m_{СП}^{opt.}$ тем меньше, чем больше подвижность бетонной смеси и наклон рабочего органа к горизонту.

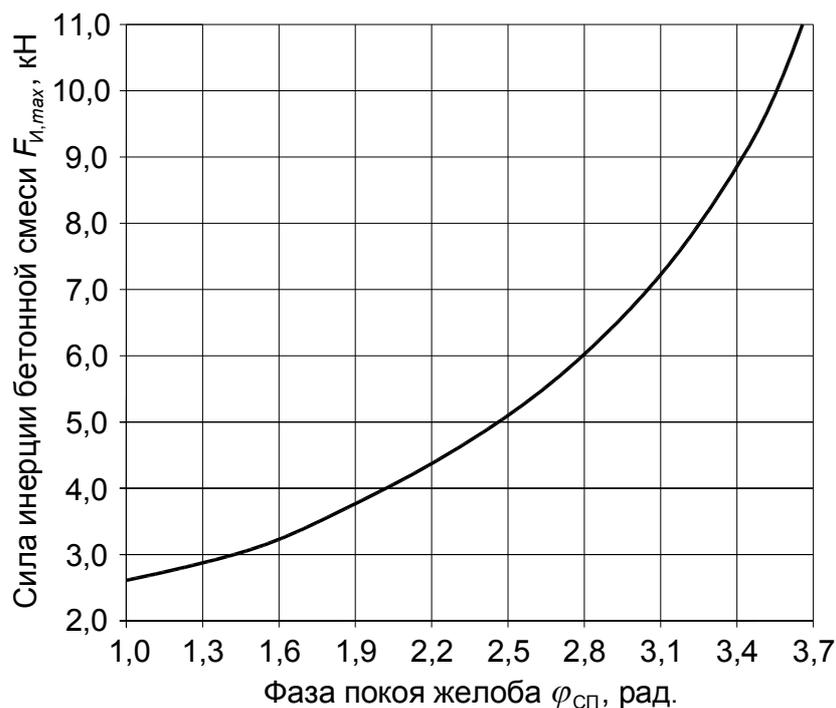


Рис. 2. Зависимость максимальной величины силы инерции бетонной смеси от величины фазы покоя желоба

Однако несмотря на то, что коэффициент передачи скорости от рабочего органа бетонной смеси в пределах диапазона $m_{СП} \in [0; 0,55]$ увеличивается с ростом величины рассматриваемого параметра, уже при $m_{СП} < 0,40$ даже при транспортировании со значительными уклонами желоба вверх бетонных смесей с высокой подвижностью при рационально подобранных значениях прочих параметров асимметричности транспортирующий эффект может быть увеличен весьма незначительно. В то же время область значений $m_{СП} > 0,80$ характеризуется весьма высокими динамическими нагрузками в приводе конвейера, а также опасностью достижения желобом предельно допустимых значений ускорения $S''_{П1, max}$, в результате чего, особенно при повышенных частотах колебаний (например, при транспортировании вверх по уклону), может быть нарушено обязательное условие синфазного движения желоба и находящейся в нем смеси на участке 1. Указанные обстоятельства способствуют существенному замедлению роста скорости транспортирования бетонной смеси. Поэтому использование значений $m_{СП}$ менее 0,40 и более 0,80 в случае предложенного конструктивного решения привода конвейера является нецелесообразным.

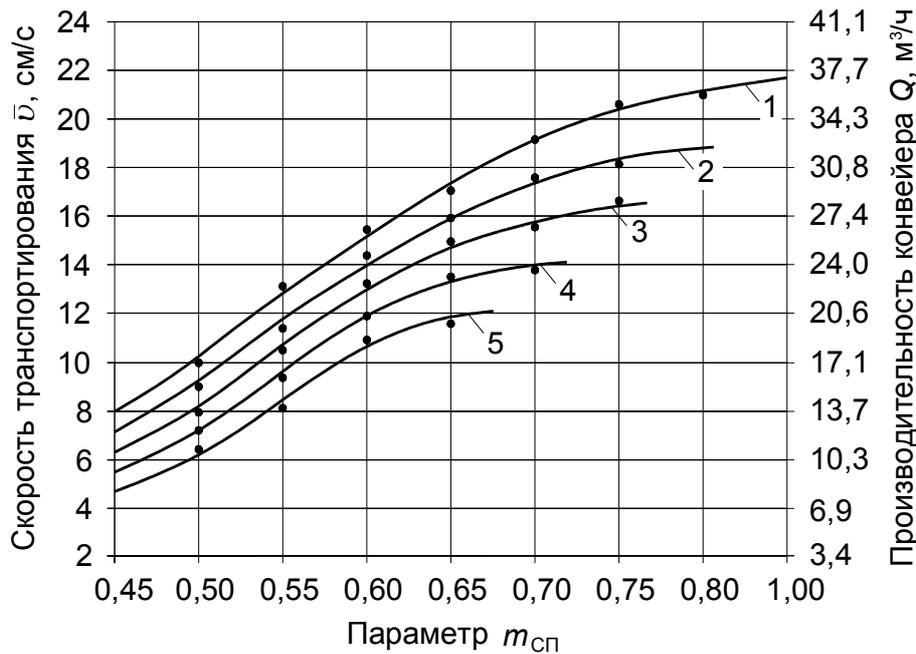


Рис. 3. Зависимость скорости транспортирования и производительности конвейера от величины параметра m_{CP} при транспортировании смеси:
 1 – вниз по уклону при $\alpha = +5^\circ$; 2 – то же, при $\alpha = +2,5^\circ$; 3 – по горизонтали;
 4 – вверх по уклону, при $\alpha = -2,5^\circ$; 5 – то же, при $\alpha = -5^\circ$

Эффективность применения совершаемых желобом асимметричных колебаний по представленной на рис. 1 форме при инерционно-конвейерном транспортировании бетонной смеси во многом зависит от того, насколько рационально подобраны соотношения их основных фаз в пределах одного рабочего цикла. Причем среди прочих рассматриваемых нами параметров движения желоба наиболее значимым в этом отношении является параметр $m_{Ц}$, определяющий количественное распределение по участкам поступательного и возвратного движений желоба генерируемых значений как аналога его ускорения W , так и аналога его скорости U . При этом в последнем случае

$$m_{Ц} = \frac{\varphi_{П}}{\varphi_{В}} = \frac{U_{В, max}}{U_{П, max}}$$

Нетрудно показать, что с увеличением значения $m_{Ц}$ абсолютные значения ускорений желоба при его поступательном движении уменьшаются, а при возвратном увеличиваются. При этом важно понимать, что автором рассматриваются исключительно те случаи, когда $m_{Ц} > 1,0$. Такая избирательность обусловлена тем, что по результатам многочисленных экспериментов, было доказано что применительно к бетонным смесям в условиях предложенных автором высокоамплитудных низкочастотных ко-

лебаний желоба значения $m_{\text{ц}}$ менее 1,0 обеспечивают существенно меньшую скорость транспортирования [3].

В то же время одним из условий устойчивого транспортирования бетонной смеси с помощью конвейера предложенного конструктивного типа, особенно по горизонтали и вверх по уклону, является то, что ускорение желоба $S''_{\text{П1, max}}$ должно принимать как можно большее значение (причем тем большее, чем больше наклон желоба к горизонту), но при этом не более максимально допустимого, при превышении которого становится возможным нарушение синфазности движения желоба и смеси. В соответствии с этим на рис. 4 показано, что при постепенном переходе от положительного уклона желоба к отрицательному при одних и тех же значениях характеристик удобоукладываемости бетонной смеси оптимальное значение $m_{\text{ц}}^{\text{opt}}$ уменьшается.

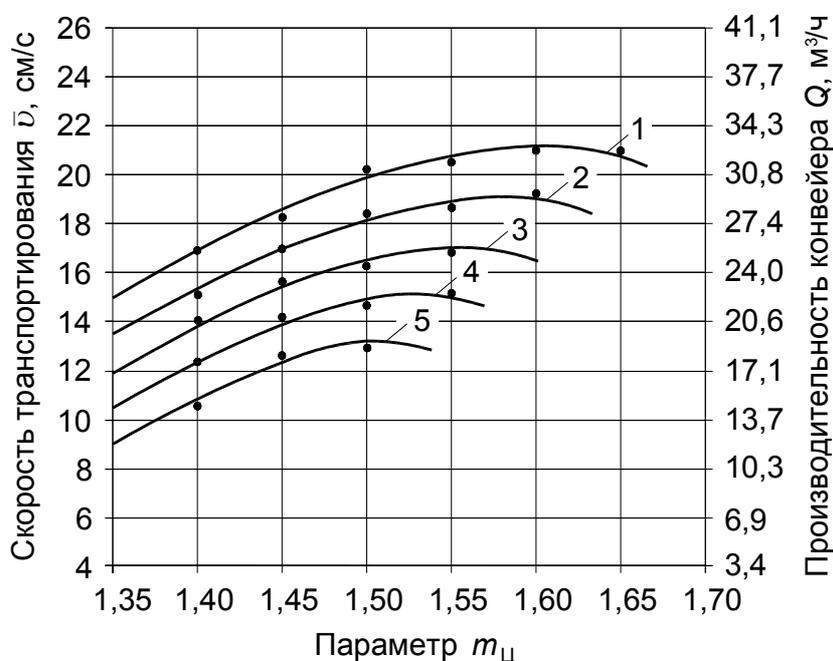


Рис. 4. Зависимость скорости транспортирования и производительности конвейера от величины параметра $m_{\text{ц}}$ при транспортировании смеси:

1 – вниз по уклону при $\alpha = +5^\circ$; 2 – то же, при $\alpha = +2,5^\circ$; 3 – по горизонтали;
4 – вверх по уклону, при $\alpha = -2,5^\circ$; 5 – то же, при $\alpha = -5^\circ$

С другой стороны, следует иметь в виду, что в качестве сил сопротивления перемещению бетонной смеси по колеблющемуся желобу, кроме подчиняющихся закону Кулона и не зависящих от кинематических характеристик движения желоба сил сухого трения смеси, выступают также силы ее вязкого трения, причем в тем большей степени, чем выше ее подвижность. В рассматриваемом случае силы вязкого трения бетонной смеси имеют асимметричный характер из-за их неодинаковости на различных

участках траектории движения желоба, что, в свою очередь, вызвано асимметрией значений аналога его скорости. При этом величина указанных сил трения возрастает с ростом величины аналога скорости на соответствующих участках траектории.

Из литературы известно, что при наличии асимметричных сил трения материал, находящийся на колеблющейся поверхности начинает движение в направлении действия наименьших сил трения [4]. В этой связи рациональный подбор значений параметра m_{Π} обеспечивает возможность увеличения скорости транспортирования смеси за счет эффективного управления максимальными значениями скоростей поступательного и возвратного движений желоба. Вследствие же того, что на участке 5 силы трения являются одними из движущих, целесообразность такого управления существенно возрастает. В соответствии с этим увеличение подвижности бетонной смеси при прочих равных условиях приводит к увеличению оптимального значения m_{Π}^{opt} .

Из вышеизложенного следует, что выбор значения m_{Π} необходимо по возможности осуществлять в зависимости от требований как по углу наклона желоба к горизонту, так и по характеристикам удобоукладываемости транспортируемой бетонной смеси. При этом экспериментально установленный разброс значений m_{Π}^{opt} в общем случае составляет 1,40–1,70.

В настоящее время автором ведется работа по оптимизации выше-рассмотренных, а также всех прочих обозначенных им параметров асимметричности с целью последующего метрического синтеза комплекса наиболее выгодных вариантов рассмотренной формы колебаний желоба, обеспечивающих с учетом конкретных производственных условий достижение максимальной эффективности процесса инерционно-конвейерного транспортирования бетонной смеси при бетонировании строительных конструкций.

Литература

1. Половко, О. И. Комплексная механизация земляных и бетонных работ в строительстве / О. И. Половко. – Киев : Будівельник, 1972. – С. 91–92.
2. Османов, С. Г. Усовершенствованная конструкция инерционного конвейера для транспортирования бетонной смеси / С. Г. Османов, А. Л. Жолобов // Строительство-2012 : материалы Междунар. научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону : Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – С. 132–134.
3. Османов, С. Г. Повышение эффективности инерционно-конвейерного метода транспортирования бетонной смеси / С. Г. Османов, А. Л. Жолобов, А. Н. Павлов // Строительство-2012 : материалы Междунар. научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону : Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – С. 139–141.
4. Бауман, В. А. Вибрационные машины и процессы в строительстве / В. А. Бауман, И. И. Быховский. – М. : Высшая школа, 1977. – С. 66–76.