

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5a001abca88078.97308013

Теличенко В.И., академик РААСН, д-р техн. наук, проф.,
Кайтуков Б.А., канд. техн. наук, доц.,
Скель В.И., канд. техн. наук, доц.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И УНИФИКАЦИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ БЕТНОСМЕСИТЕЛЕЙ

PRESIDENT@mgsu.ru

При выполнении бетонных работ применяют бетоносмесители различного типа, включая гравитационные. На основе анализа отечественных и зарубежных источников и собственных разработок авторов оценивается целесообразная возможность интенсификации приготовления бетонной смеси. Также анализируется конструкция существующих гравитационных бетоносмесителей циклового типа и определяется возможное направление развития их технико-экономических показателей, исходя из обеспечения показателей качества техники и готовой продукции. Обосновывается задача разработки кинематических схем унифицированных приводов и элементов, в том числе барабанов для этих смесителей. Для привода гравитационных бетоносмесителей предлагаются двухступенчатые планетарные редукторы – модули, позволяющие компоновать различные кинематические схемы и организовывать их производство на специализированных предприятиях. Материал статьи рассматривается как постановка задачи выбора оптимальной конструкции привода и компоновки самого смесителя, исходя из снижения простоев при эксплуатации гравитационных смесителей, повышения долговечности работы элементов привода и смесительного барабана, а также выбора оптимальных скоростей вращения барабана, влияющих на качество получаемого бетона.

Ключевые слова: гравитационный бетоносмеситель, интенсификация, производительность, скорость вращения барабана, кинематическая схема, привод барабана.

Для приготовления различных бетонов используют смесители. Исследования, проведенные в последнее время, касаются анализа технико-экономических показателей и конструктивных исполнений отдельных механизмов бетоносмесителей [1–3]. Сравнительный анализ различных смесителей показал, что наибольшей вместимостью обладают тарельчатые противоточные смесители, а в лотковых рационально приготовить смеси любой удобоукладываемости с водоцементным отношением 0,3...0,5.

Основное преимущество гравитационных смесителей заключается в том, что в них можно приготовить смеси с наибольшей крупностью заполнителей до 180 мм при любых типах вяжущего и заполнителя [4], при этом они обладают наименьшей энергоемкостью 1,1...1,3 кВтч/м³.

Различные исследования, в том числе в ФРГ, показали, что наилучшими показателями из числа исследуемых смесителей обладают двухвальные лотковые. Для них получен наилучший коэффициент вариации отклонения содержания отдельных компонентов смеси от средних значений.

Анализ различных конструкций гравитационных смесителей с объемом загрузки 60...4500 л, позволил определить, что продолжительность смешивания компонентов смеси в этих смесителях составляет 90...180 с, а скорости вращения смесительного барабана на среднем радиусе смесителя в пределах 0,52...3,11 м/с. В табл. 1 и 2 приведены некоторые характеристики зарубежных и отечественных гравитационных бетоносмесителей. Анализ кинематических схем и конструкций этих смесителей показал, что большая изобретательская и конструкторская деятельность по созданию удобных в эксплуатации бетоносмесителей привела к широкому разнообразию компоновок, кинематических схем, применению различных узлов опрокидных механизмов. В связи с интенсификацией бетонных работ в строительстве, необходимо, чтобы смесители отвечали повышенным требованиям к качеству производимых смесей, имели высокую производительность и надежность в работе [4, 5, 6, 7].

Основными узлами этих бетоносмесителей являются: рама, опорные стойки, смесительный барабан, траверса, привод вращения барабана и

пневмоцилиндр или гидроцилиндр для опрокидывания барабана. В этих смесителях получили распространение приводы, включающие двигатель, установленный неподвижно на раме, ременную передачу и далее открытую зубчатую передачу.

Недостатком такой конструкции является то, что в условиях повышенной запыленности, при существующей работе смесителей, такая передача недолговечна. Встречаются конструкции бетоносмесителей с установкой на опрокидывающей траверсе двигателя внутреннего сгорания, что снижает эксплуатационные возможности смесителя. В

гравитационных смесителях циклического действия приготовление бетонных смесей осуществляется отдельными порциями. Исходные компоненты бетонной смеси при работе смесителя поднимаются во вращающемся барабане, на внутренней поверхности которого под определенным углом жестко закреплены лопасти. При вращении барабана смесь лопастями, а также силами трения, поднимается на некоторую высоту и затем, под действием силы тяжести, падает вниз. Для обеспечения однородности смеси необходимо провести не менее 30–40 циклов подъема и сброса смеси в барабане.

Таблица 1

Характеристики гравитационных бетоносмесителей

Страна, фирма производитель	Марка	Емкость по загрузке	Характеристика привода		Масса бетоносмесителя, кг
			Тип передачи	Тип двигателя	
ФРГ	3	100	ременная, открытая, коническая	электродвигатель	145
	5	170		электродвигатель ДВС	277
		70	коническо-цилиндрический редуктор	электродвигатель	68
		140			140
		260			113,5
Франция	A-125	125		электродвигатель	100
	A-140	140			150
	A-170	170			170
	-3	170			385
	T-120	175		электродвигатель ДВС	190
Венгрия		130		электродвигатель	67
	101	100	ременная, открытая, коническая	электродвигатель	105
	НК-100	100		электродвигатель	105
	НВ-175	175			260
		250	коническо-цилиндрический редуктор		420
Великобритания	1	113		ДВС	148
	2	141		ДВС	172
	3	226		ДВС	240
Польша	150А	150	ременная, открытая, коническая	электродвигатель	260
	50А	50	Цилиндрический редуктор	электродвигатель	180

Время смешивания в таких смесителях составляет 60...90 с, а полный цикл, включая загрузку, смешение, выгрузку и возврат барабана в исходное положение 90...180 с. Чтобы повысить производительность такого смесителя необходимо снизить время полного цикла, что затруднительно осуществить на существующих конструкциях гравитационных бетоносмесителей.

Характерной особенностью процесса перемешивания грубодисперсных смесей является то обстоятельство, что нагрузки на рабочие органы барабана с лопастями гравитационного бетоносмесителя изменяются с изменением скорости движения барабана. Скорость движения барабана определяет не только кинематические параметры, но и существенно влияет на нагрузки на

барабан с лопастями и мощность двигателя. На интенсивность перемешивания существенным образом влияет скорость движения барабана, что

обуславливает качество смеси и производительность смесителя.

Таблица 2

Характеристики отечественных гравитационных бетоносмесителей

Бетоносмеситель, марка		СБ-101	СБ-116А	С-739Б	СБ-16Б	СБ-91	СБ-153 (СБ-94)	СБ-103	СБ-162	
Объем по загрузке сухими составляющими готового замеса	м ³	0,100	0,100	0,250	0,500	0,750	1000	3000	4500	
	л	100	100	250	500	750	1500	3000	4500	
	л	65	65	165	330	500	1000	2000	3000	
Число оборотов смесительного барабана, пер	$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$	2,83	2,83	2,1	1,89	1,89				
	$\frac{1}{\text{мин}}$	27	27	20	18	18	17,6	12,6	12	
Скорость подъема загрузки ковша	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$			0,3	0,24					
Двигатель	мощность	кВт	0,6	1,5	1,1	3,0	4,0	15	22	25
	тип		ЧА71В УЗ	2СD-МI	ЧАХ80 АУ	ЧА100L У		ЧА160М 6В	ЧА225М 8	КО326
	частота вращения	$\frac{1}{\text{мин}}$	900	1500	1440	1440	1440	1440	1440	1400
Редуктор	тип		2х ступен. конич.- цилиндр.		3х ступен. конич.- цилиндр.	2х ступен. цилиндр.	2х ступен. цилиндр.	2х ступен. цилиндр.	3х ступен. цилиндр.	3х ступен. цилиндр.
	масса	кг	54	54	75	177	210	450	640	690
∠ наклона барабана к гор.	загрузка	град	12°	12°	45°		13°	15°	15°	15°
	разгрузка	град	40°	до 40°	45-50°	52°	60°	55°	55°	55°
Масса смесителя	кг	228	250	800	1100	1450	3000	5800	4200	

Следовательно, чтобы повысить производительность гравитационного смесителя необходимо спроектировать и изготовить приводной механизм барабана, который позволяет повысить скорость вращения барабана и одновременно надежность смесителя. Иначе, требуется установить оптимальную скорость вращения барабана и разработать такой унифицированный модульный привод, который отвечал бы требованиям повышения надежности работы и качества получаемой смеси. Унификацию приводов гравитационных бетоносмесителей следует проводить с учетом того, что сами смесители выпускаются по научно-обоснованному ряду и любой из них имеет оптимальные параметры в части размеров

рабочих барабанов, схем размещения в них лопастей и скорости движения барабана.

В табл. 3 представлены частоты вращения барабана и передаточные числа редукторов гравитационных бетоносмесителей.

В табл. 4 представлены характеристики приводов подъема загрузочного ковша.

Представленные в табл. 1–4 характеристики, паспорта смесителей, конструкторская документация на отдельные сборочные единицы позволяют определить мощности привода, передаточные числа редукторов, в определенной мере оптимизировать и унифицировать схемы компоновок механизмов привода барабанов и подъемни-

ков смесителей. На основные параметры смесителей и их ряды имеются ГОСТы, поэтому можно на них опереться, так как в них регламентированы: литраж, мощность, масса и другие показатели бетоносмесителей. Однако следует заметить, что в них не оговорены диапазоны скоростей движения смесительного барабана при приготовлении различных бетонных смесей, а этот параметр на наш взгляд представляет большой интерес. Необходимые в работе зависимости можно получить исходя из регламентируемой мощности двигателя, поскольку существует определенная зависимость, которая связывает мощность с размерами барабана, скоростью движения смесительного барабана и свойствами смеси [2, 3]. Представляется, что они будут близки к значениям, которые имеют исследуемые гравитационные смесители, но будут ли они

оптимальными для данного смесителя - требуется установить. Проводились исследования с целью обоснования более высоких скоростей вращения роторов и в результате повышения производительности смесителей принудительного действия [2]. Можно предположить, что для гравитационных смесителей повышение скорости перемешивания до оптимальных значений не отрицательно повлияет на прочность бетонов и смесей, но и снизит расход цемента. Однако, некоторая односторонность оценки таких результатов представляется сомнительной, поэтому необходимо провести специальные исследования по установлению рациональных скоростей движения барабана для анализирующих смесителей и установить оптимальные режимы работы смесителей.

Таблица 3

Частоты вращения барабана гравитационных смесителей

Бетоносмеситель, марка	СБ-101	СБ-739В	СБ-16Б	СБ-91	СБ-153	СБ-162	
Мощность двигателя, P , кВт	0,55-0,75	1,1	4,0	4,0	15	30	
Частота вращения барабана n_{\min} , об/мин	23	17	15	14	12	10	
Частота вращения барабана сред, $n_{\text{ср}}$, об/мин	27	20	18	17	15	12	
Частота вращения барабана n_{\max} , об/мин	29	22	20	19	18	15	
Передаточное отношение редуктора при	$n_{\text{дв}}=1500 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$	50	72	50	86	97	117
	$n_{\text{дв}}=1000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$	31	47	52	57	62	77
	$n_{\text{дв}}=700 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$	27	37	42	45	50	60
Крутящий момент на выходном валу привода вращения барабана	220	480	2150	2140	836	1800	

Таблица 4

Характеристики приводов подъема

Бетоносмеситель, марка	С-739В	СБ-16Б	
Крутящий момент на валу привода, Нм	530	1040	
Двигатель	тип	4А90L4УЗ	4А100
	мощность, кВт	2,2	4,0
	частота вращения, об/мин	1430	1440
Диаметр барабана, м	1,1	1,1	

В результате анализа различных конструкций и компоновок гравитационных бетоносмесителей и патентного поиска пришли к выводу, что

следует разработать и предложить кинематические схемы унифицированных приводов и элементов, в том числе барабанов для этих смесителей [5, 6, 7]. Исследования позволили в качестве более прогрессивных предложить три кинематические схемы, которые можно конструктивно оформить на основе ременной передачи и унифицированных блок-модулей планетарных передач. Анализ расчетных крутящих моментов на тихоходной ступени и общих передаточных отношениях приводов показал, что оптимальным представляется конструкция привода для передачи момента от двигателя к смесительному барабану с использованием унифицированных планетарных блок-модулей. Причем планетарный редуктор в этом случае закреплен неподвижно на траверсе, на выходном валу редуктора размещен смесительный барабан, а входной вал соединен

посредством муфты, либо клиноременной передачей с приводным двигателем. Такое конструктивное исполнение позволяет охватить весь ряд гравитационных смесителей несколькими планетарными модулями с повышенными прочностными характеристиками, качеством и надежностью, а их унификация улучшает качество технологии производства привода. В приводе подъема загрузочного ковша необходимо использовать планетарный мотор-редуктор, выполненный из тех же унифицированных планетарных модулей. Такой подход позволяет повысить качество изготовления механизмов привода, более прогрессивным становится конструкция и повышается долговечность основных элементов смесителя.

Бетоносмеситель СБ-16Б аналогичен по конструкции с СБ-91, поэтому может использоваться либо индивидуально, либо в качестве комплектного оборудования бетонного завода. Предлагается в приводах смесителей СБ-101 и СБ-116А использовать в качестве привода двухступенчатый унифицированный планетарный редуктор, состоящий из двух модулей, с общим передаточным отношением 36. Крутящий момент к смесительному барабану бетоносмесителя СБ-116А передается от двигателя внутреннего сгорания, причем устанавливается на раме, а выходной вал планетарного редуктора соединяется ременной передачей с валом двигателя. В приводе вращения барабана бетоносмесителя С-739Б наиболее рационально применить двухступенчатый планетарный редуктор, а для обеспечения требуемой скорости вращения смесительного барабана применить еще клиноременную передачу. Привод подъема загрузочного ковша целесообразно выполнить в виде двухступенчатого планетарного редуктора, выходное звено которого связано с канатоведущим барабаном. Возможно применение редуктора с вращающимся корпусом, муфта в этом случае будет являться одновременно барабаном колодочного тормоза. Привод бетоносмесителей СБ-153, СБ-162, СБ-16Б и СБ-91 конструктивно будет аналогичен выше описанным смесителям, но в качестве планетарных блок-мо-

дулей предлагаются другие сочетания передаточных отношений модулей. Такой подход к формированию конструкции приводов гравитационных бетоносмесителей позволяет организовать производство или получение по кооперации.

При таком комплексном подходе к решению вопроса выбора оптимальной конструкции привода и компоновки самого смесителя снижаются простои при эксплуатации гравитационных смесителей, повышается долговечность работы элементов привода и смесительного барабана, а выбор оптимальных скоростей вращения барабана влияет на качество получаемого бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Королев К.И. Перспективы развития бетоносмесителей // Строительные и дорожные машины. №3. 1984. С. 10–12.
2. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. К вопросу производительности роторных бетоносмесителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №2. 2017. С.178–180.
3. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. Определение оптимальных скоростей движения лопастей роторных бетоносмесителей. №3. 2017. С.80–84.
4. Sharapov R.R., Agarkov A.M. Matrix modeling of technological systems grinding with closed circuit ball mill. World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 10. С. 1399–1403.
5. Густов Ю.И., Кайтуков Б.А., Григорьева М.Н. Повышение эффективности работы роторного бетоносмесителя принудительного действия // Механизация строительства. 2016. №11. С. 26–29.
6. Богомолов А.А. Теоретические и технические основы совершенствования смесительных машин для приготовления строительных смесей. Монография. Белгород. 2010.
7. Королев К.М. Передвижные бетонорастворители и бетононасосные установки. Издание 2-е. М. Высшая школа. 1991. С.207.

Информация об авторах

Теличенко Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, президент МГСУ.

E-mail: PRESIDENT@mgsu.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Кайтуков Батраз Амурханович, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации строительства.

E-mail: KaitukovBA@mgsu.ru

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Скель Владимир Израилевич, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации строительства.
E-mail: SkelVI@mgsu.ru
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет.
Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в сентябре 2017 г.

© Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И., 2017

Telichenko V.I., Kaitukov B.A., Skel V.I.

TO THE QUESTION OF CAPACITY AND THE UNIFICATION OF GRAVITY MIXERS

When performing concrete use concrete mixers of various types, including gravity. Based on the analysis of domestic and foreign sources and own developments of the authors estimated reasonable possibility of intensification of concrete preparation. Also analyzed the design of existing gravity mixers of cyclic type, and determined the possible direction of development of their technical and economic indicators, based on providing indicators of the quality of machinery and finished products. Explains the task of developing a unified kinematic schemes of drives and components, including drums for these mixers. To drive the gravity mixers are available two-stage planetary gear – module that allows to link different kinematic schemes and organize their production in specialized enterprises. The article discusses how the problem of optimal design of the drive and the layout of the mixer, based on minimizing downtime in the operation of the gravitational mixer, enhancing durability of the drive elements and the mixing drum, and selection of optimum speeds of rotation of the drum, affecting the quality of concrete.

Keywords: gravity concrete mixer, intensification, productivity, speed of drum rotation, the kinematic scheme of the drive drum.

Information about the authors

Telichenko Valery Ivanovich, Ph.D., Professor.
E-mail: PRESIDENT@mgsu.ru
Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26.

Kaitukov Batraz Amurkhanovich, Ph.D., Assistant professor.
E-mail: KaitukovBA@mgsu.ru
Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26

Skel Vladimir Izrailevich, Ph.D., Assistant professor.
E-mail: SkelVI@mgsu.ru
Moscow State University of Civil Engineering.
Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26

Received in September 2017

© Telichenko V.I., Kaitukov B.A., Skel V.I., 2017