

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.12737/article_5c73fc2c5a8a36.45902159

¹Кайтуков Б.А., ^{1,*}Скель В.И., ¹Горайнова П.О.¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Россия, 129337, Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26

*E-mail: SkelVI@mgsu.ru

ГРАВИТАЦИОННЫЕ БЕТОНОСМЕСИТЕЛИ С УНИФИЦИРОВАННЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ПРИВОДА

Аннотация. Рассмотрена проблема ограничения типоразмерного ряда механизмов привода гравитационных бетоносмесителей на основе широкой унификации их комплектующих элементов. Проведен анализ методик унификации технических систем, который представлен последовательностью логических шагов, обеспечивающих системный подход к разработке рациональных конструкций бетоносмесителей и комплектующих их элементов. Предложена методика унификации механизмов привода гравитационных бетоносмесителей на базе унифицированных планетарных блок-модулей и методики выбора рациональных кинематических схем и конструкции смесителей, позволяющих получить широкий диапазон передаточных отношений и оптимальных скоростей вращения рабочих органов бетоносмесителей. Рост потребности в бетоносмесителях стимулирует процесс совершенствования конструкции и механизмов привода, но возрастает и многообразие видов привода. Поэтому создание бетоносмесителей с унифицированными планетарными модульными механизмами привода позволяет снизить затраты при эксплуатации и повысить надежность и качество смесителей.

Ключевые слова: гравитационный бетоносмеситель, унификация, механизм привода, рабочий орган, планетарная передача, специализация, кооперация.

Введение. Рост строительства в стране, создание прогрессивных видов бетонных смесей вызывает необходимость в интенсификации процесса перемешивания смесей, расширение номенклатуры и создание принципиально новых конструкций бетоносмесителей. Требование к создаваемым бетоносмесителям заключается в универсальности их применения независимо от реологических характеристик бетонных смесей. В настоящее время наблюдается рост номенклатуры бетонных смесей, изменяются их реологические характеристики и, в этой связи, актуальным становится вопрос совершенствования, а в некоторых случаях создания новых конструкций смесителей и их механизмов привода.

Важно, при создании новых бетоносмесителей учитывать вопрос повышения интенсификации процесса перемешивания и получения однородности смесей.

Исследования показали необходимость создания смесителей с интенсивными режимами перемешивания, что позволяет: приготовить в одном смесителе бетонные смеси с различными реологическими характеристиками и существенно повысить универсальность смесительного оборудования [1–4].

Методология. Технология приготовления смесей на таком оборудовании уменьшает время

перемешивания смесей, повышается производительность, снижается износ брони и лопастей рабочих органов бетоносмесителей.

Производительность смесителей определяется продолжительностью перемешивания смесей. От величины этого показателя зависят удельные показатели работы смесителей. Для гравитационных бетоносмесителей в ГОСТ 7473-2010 приведена наименьшая продолжительность перемешивания бетонной смеси в пределах от 60 до 120 с, но не приводится зависимость времени перемешивания от качества исходных материалов и интенсивности перемешивания смесей. Время перемешивания в бетоносмесителях увеличивается из-за применения некачественных заполнителей и несоответствия требованиям стандартов гранулометрического состава заполнителей, а это отрицательно влияет на однородность и качество бетона. При установлении оптимального времени перемешивания смеси, необходимо учитывать конструктивные особенности смесителей и возможности их механизмов привода.

Отечественные производители и зарубежные фирмы предлагают различные по назначению и номенклатуре гравитационные бетоносмесители, с объемом готового замеса в пределах от 33 до 3000 л [4–7]. Технические характеристики некоторых гравитационных бетоносмесителей

отечественного производства приведены в табл. 1.

Основное преимущество гравитационных бетоносмесителей заключается в том, что в них можно приготовить смеси с наибольшей крупностью заполнителей, до 180 мм. При любых вяжущих и заполнителях, они обладают невысокой

энергоемкостью от 1,1 до 1,3 кг ч/м³. Для смесителей с объемом загрузки от 60 до 4500 л установили, что продолжительность смешивания компонентов смеси находится в пределах от 90 до 180 с, а скорость вращения смесительного барабана в пределах от 0,52 до 3,11 м/с [4, 5].

Таблица 1

Технические характеристики гравитационных бетоносмесителей

Показатель		Единица измерения	Марка бетоносмесителя							
			СБ-101	СБ-116А	С-739Б	СБ-16Б	СБ-91	СБ-153 (СБ-94)	СБ-103	СБ-162
Объем по загрузке сухими составляющими и готового замеса	л		100	100	250	500	750	1500	3000	4500
	л		65	65	165	330	500	1000	2000	3000
Максимальная крупность заполнителя	мм		40	40	70	70	70	120	140	160
Число оборотов смесительного барабана	1/мин		27	27	20	18	18	17,6	12,6	12
	рад/с		2,83	2,83	2,1	1,89	1,89	-	-	-
Двигатель	частота вращения	1/мин	900	1500	1440	1440	1440	1440	1440	1440
	масса	кг	54	54	75	177	210	450	640	1400
	мощность	кВт	0,6	1,5	1,1	3,0	4,0	15	22	25
Редуктор	тип		2 ^х ступ. цилиндр.	коническо-цилиндр.	3 ^х ступ. коническо-цилиндр.	3 ^х ступ. цилиндр.	цилиндр.	цилиндр.	цилиндр.	цилиндр.
Угол наклона барабана к горизонту	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	8000

Значительный рост потребности в бетонах в конце прошлого столетия в России потребовал создания в короткие сроки заводов по производству смесительного оборудования различного назначения, в том числе гравитационных бетоносмесителей. Заложенные в таких условиях конструктивные решения, наряду с положительным эффектом, на годы вперед обусловили сохранение существенных недостатков такого проектирования.

Конструкции большинства гравитационных бетоносмесителей состоят из смесительного ба-

рабана, лопастного механизма, траверсы, электродвигателя, двухступенчатых цилиндрических, коническо-цилиндрических или планетарных редукторов, рамы, клиноременной передачи и механизма опрокидывания. Смесительный барабан представляет собой емкость из двух конусов, соединенных цилиндрической обечайкой, внутри барабан футерован плитами из стали, причем на внутренней поверхности барабана закреплены лопасти. Интенсивное перемешивание компонентов бетонной смеси происходит за счет оптимального расположения лопастного меха-

низма, который образует при вращении барабана перекрестное потокообразование смеси. Огромную роль при интенсификации процесса перемешивания и получения однородной смеси играет механизм привода смесительного барабана. Механизмы привода гравитационных бетоносмесителей состоят из двигателя, редуктора и клиноременной передачи.

Качество изготовления зубчатых передач и валов большинства редукторов низкое, элементы привода между собой не унифицированы, причем это наблюдается и в самих конструкциях бетоносмесителей. Зарубежные фирмы Италии, Германии, Японии при проектировании бетоносмесителей стремятся к применению меньшего количества деталей, при этом наблюдается унификация различных бетоносмесителей. Итальянские фирмы выпускают гравитационные смесители с объемом от 0,1 до 0,75 м³, смесительный барабан этих машин выполнен в виде усеченного конуса и цилиндрической части, соотношения которых строго зависят от назначения бетоносмесителя. В приводах этих смесителей применяют разные двигатели: дизельные и электрические. Японские фирмы (KNFA, INI) выпускают гравитационные смесители высокой производительности, объемом готового замеса от 0,23 до 3 м³, причем следует отметить, что при объеме замеса до 2 м³ время перемешивания до 75 с, а при замесе более 2 м³ около 90 с. В различных конструкциях бетоносмесителей внутри серии типоразмеров наблюдается стремление к унификации и однообразию элементов, что позволяет повышать качество изготовления деталей и узлов.

Анализ различных конструкций гравитационных бетоносмесителей позволяет сделать вывод, что движение идет к широкой унификации, как самих бетоносмесителей так и их механизмов привода, что расширяет кооперацию между изготовителями. Унификация предполагает приведение большого многообразия конструктивных исполнений бетоносмесителей к наименьшему числу типоразмеров, рядов и марок, отвечающих запросам потребителей. Создание рационального ряда гравитационных бетоносмесителей требует решения следующих задач: обоснования разработки необходимых типоразмеров; определения особенностей процессов перемешивания компонентов смеси; установления зависимости качества смесей от конструктивных параметров бетоносмесителей; создания надежных рабочих органов и механизмов привода. Анализ нагрузочных характеристик, размеров и конструкций отечественных гравитационных бетоносмесителей показал, что требуется разра-

ботать унифицированные конструкции и рациональные кинематические схемы бетоносмесителей. При создании унифицированных механизмов привода проблема состоит в том, чтобы предложить такие механизмы, которые наименьшим количеством типоразмеров обеспечивали бы весь ряд нагрузочных характеристик, кинематических схем и компоновочных размеров бетоносмесителей.

Основная часть. В качестве рационального варианта решения этой задачи предлагается создание конструктивно-унифицированных планетарных модульных механизмов привода бетоносмесителей [7–10]. Решение задачи сводится к выбору требуемых типоразмеров планетарных модулей. Предлагаются три кинематические схемы, которые конструктивно оформляются в виде планетарных блок-модулей в сочетании с клиноременной передачей и двигателем. Наиболее перспективными и востребованными из представленных в табл. 1 смесителей являются СБ-153 и СБ-162. Бетоносмеситель СБ-153 предназначен для приготовления подвижных бетонных смесей; состоит из рамы, смесительного барабана, привода и импеллера. В целом конструкция машины аналогична ранее представленным в данной работе, но следует выделить кинематическую схему механизма привода смесительного барабана. На рис. 1 представлена кинематическая схема механизма, включающая электродвигатель и двухступенчатый планетарный редуктор.

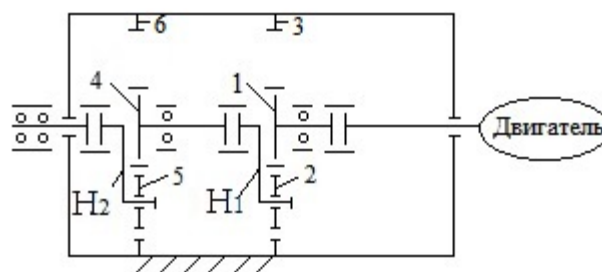


Рис. 1. Кинематическая схема двухступенчатого планетарного редуктора: 1 – солнечное, центральное зубчатое колесо 1^{ой} ступени; 2 – сателлит; 3 – эпициклическое колесо 1^{ой} ступени; Н₁ – водило первой ступени; 4 – солнечное зубчатое колесо 2^{ой} ступени; 5 – сателлит; 6 – эпициклическое колесо 2^{ой} ступени; Н₂ – водило второй ступени

Рассматривая технические характеристики и конструкции гравитационных смесителей, представленных в табл. 1, приступаем к выбору кинематических схем механизмов привода для бетоносмесителей.

Анализ нагрузочных характеристик, крутящих моментов на тихоходной ступени, передаточных отношений и других факторов показал,

что рациональным конструктивным исполнением механизма привода смесительного барабана при передаче крутящего момента от двигателя к рабочему органу является унифицированный планетарный блок-модуль [7, 8]. Конструктивно блок-модуль в виде планетарного двухступенчатого редуктора будет закреплен неподвижно на траверсе, а на выходном валу редуктора целесообразно установить смесительный барабан, причем выходной вал будет связан муфтой или клиноременной передачей с двигателем. В бетоносмесителях, где предусмотрен загрузочный ковш, в их механизмах привода используется тоже двухступенчатый планетарный мотор-редуктор.

Согласно руководящего документа [7], ряд планетарных модулей включает несколько типоразмеров, где отличительным признаком типоразмера планетарного модуля является радиус расположения осей сателлитов – r , мм или межосевое расстояние – a_w , мм. Отличительным признаком конструктивного исполнения планетарного модуля является рабочая ширина венцов зубчатых передач – b_w , мм; параметры зубчатых модулей указаны в табл. 2.

Планетарные унифицированные двухступенчатые редукторы механизмов привода смесительных барабанов компонуются из ряда (см. табл. 2), кинематические схемы которых представлены на рис. 2 (а, б) [8].

Таблица 2

Технические параметры зубчатых унифицированных модулей

Радиус осей сателлитов, r мм или a_w , мм	Передаточное число i	Ширина зубчатого венца, b_w , мм	
		Исполнение 1	Исполнение 2
40±1,6	6,0±0,2	25	20
50±2,0	7,5±0,25	30	25
80±3,2	8,5±0,35	45	35
90±3,6	5,6±0,22	50	35
112±4,4	6,7±0,16	60	40
125±5	7,5±0,25	75	45

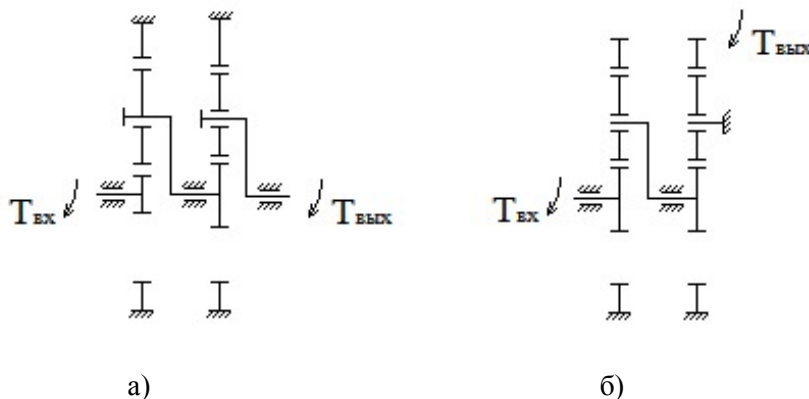


Рис. 2. Кинематическая схема унифицированного двухступенчатого планетарного привода: $T_{вх}$ – крутящий момент на входе; $T_{вых}$ – крутящий момент на выходе

Нагрузочные характеристики и передаточные отношения редукторов некоторых гравитационных бетоносмесителей представлены в табл. 3.

Таблица 3

Крутящий момент и передаточное отношение редукторов бетоносмесителей

Гравитационный бетоносмеситель		СБ-101	СБ-116А	СБ-91	СБ-16Б	С-739Б	СБ-153	СБ-103	СБ-162
Редуктор механизма привода	Крутящий момент, $T_{кр}$	27	200	200	210	250	1150	1590	2150
	Передаточное отношение, U	51	78	80	75	80	44	79,5	120

Унифицируя механизмы привода гравитационных бетоносмесителей отечественного производства (табл. 1 и табл. 3) учитываем то, что смесители уже выпускались по рациональному ряду и имеют оптимальные размеры в части смесительных барабанов, рациональные схемы лопастного аппарата и скорости движения рабочего органа. Перечисленные выше требования, конструкции смесителей, кинематические схемы и паспортные данные позволяют определить мощности двигателей, передаточные числа и отношения планетарных редукторов, кинематические схемы компоновок механизмов привода гравитационных бетоносмесителей. По стандартам и востребованности определяем ряды бетоносмесителей по объемам загрузки, а задача определения оптимальных скоростей вращения рабочих органов гравитационных бетоносмесителей решается аналогично алгоритму представленного в работе [5].

В приводах бетоносмесителей СБ-116А и СБ-101 целесообразно использовать двухступенчатый планетарный редуктор, где в качестве первой и второй ступени необходимо принять два одинаковых модуля, с межосевым расстоянием, $a_w=40$ мм, но разного исполнения, с общим передаточным отношением планетарного редуктора $U_{ред}=36$. Далее обозначение модульного планетарного редуктора в механизмах привода будем представлять, например, в виде 40×40 , иначе два модуля с $a_w=40$ мм. Оптимальная скорость вращения достигается применением электродвигателя мощностью 0,55 кВт, числом оборотов $n_{дв}=900$ мин⁻¹, а с клиноременной передачей с электродвигателем $n_{дв}=1500$ мин⁻¹. Применяя двигатель внутреннего сгорания с числом оборотов $n_{дв}=1500$ мин⁻¹, двигатель (ДВС) устанавливаем на раме, а выходной вал планетарного редуктора необходимо соединить клиноременной передачей с валом ДВС.

В планетарном модульном приводе бетоносмесителя СБ-739Б, в качестве первой ступени планетарного редуктора целесообразно применить модуль, $a_w=40$ мм, а в качестве второй ступени модуль, $a_w=50$ мм, тогда планетарный двухступенчатый редуктор имеет схему: 40×50 , с передаточным отношением, $U_{ред}=44,6$. Для обеспечения требуемой скорости вращения смесительного барабана, при передаче момента от двигателя к входному валу редуктора, ставим клиноременную передачу и электродвигатель мощностью 1,1 кВт, $n_{дв}=1440$ мин⁻¹. Для механизмов привода бетоносмесителей СБ-16Б и СБ-91 рационально применить в качестве первой ступени модуль $a_w=50$ мм, а второй $a_w=83$ мм, по схеме 50×80 с передаточным отношением редук-

тора, $U_{ред}=64$. Для гравитационных бетоносмесителей СБ-152 и СБ-162 необходимо дополнительно определить нагрузочные характеристики при производстве востребованных бетонных смесей и с учетом оптимальных скоростей вращения барабана принять оптимальные кинематические схемы механизмов привода.

Выводы. Исследования в пределах настоящей работы показали, что в строительстве применяют различные виды бетонных смесей и наблюдается тенденция роста номенклатуры за счет новых видов вяжущих и заполнителей. Создание прогрессивных видов бетонных смесей вызывали необходимость в интенсификации процесса перемешивания бетонов, расширение номенклатуры гравитационных бетоносмесителей с требуемыми параметрами перемешивания, технологичными характеристиками бетоносмесителей и новых конструкций с унифицированными надежными механизмами привода. Конструкция планетарного модульного редуктора бетоносмесителя должна включать максимальное число одинаковых, небольших по размерам зубчатых колес и валов, что способствует качественному скачку технического уровня комплекствующих смесителей. Широкая унификация гравитационных бетоносмесителей и их элементов способствует росту качества изготовления и, в результате, повышению их надежности в эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Густов Ю.И., Степанов М.А., Кайтуков Б.А. Анализ конструктивно-расчетных схем бетоносмесителей // Механизация строительства. 2013. № 12. С. 10–12.
2. Новицкий Н.В., Михайлова С.Н. Удельные характеристики бетоносмесителей // Бетон и железобетон. 1987. № 6.
3. Бредуля В.Г., Михайлова С.Н. Исследование нагруженности рабочего органа бетоносмесителя // Сборник трудов ВНИИСДМ № 109. «Проблемы повышения производительности и снижения энергоемкости машин для бетонных работ» М:1987.
4. Кайтуков Б.А., Скель В.И., Гоева Е.М. Повышение эффективности работы гравитационных бетоносмесителей // Механизация строительства 2017. № 12. С. 50–53.
5. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. Определение оптимальных скоростей движения смесительных барабанов гравитационных бетоносмесителей // Вестник БГТУ им. Шухова 2017. № 12. С. 147–152.

6. Шарапов Р.Р., Кайтуков Б.А., Степанов М.А. Некоторые проблемы динамики и надежности строительной техники // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 7. С. 5–8.

7. Руководящий нормативный документ. РД 22-25;180-87. Передачи зубчатые, планетарные, модульные. Конструктивные исполнения. Технические параметры. Министерство СДиКМ СССР Москва 1987.

8. Руководящий нормативный документ РД22-25.183-87 Передачи зубчатые, планетарные, модульные. Редукторы. Схемы компоновки. Министерство СДиКМ СССР Москва 1987.

9. Теличенко В.И., Кайтуков Б.А., Скель В.И. Определение оптимальных скоростей движения лопастей роторных бетоносмесителей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №3. С. 80–84.

10. Шарапов Р.Р., Уваров В.А., Орехова Т.Н. Теория наземных транспортно-технологических машин. Учебное пособие. Белгород, 2014. 160 с.

Информация об авторах

Кайтуков Батраз Амуханович, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации строительства. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. E-mail: KaitukovBA@mgsu.ru. Россия, 129337, Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.

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

Горайнова Полина Олеговна, студентка. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. E-mail: GoryainovaPO@mgsu.ru. Россия, 129337, Москва, ул. Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила в ноябре 2018 г.

© Кайтуков Б.А., Скель В.И., Горайнова П.О., 2019

¹Kaytukov B.A., ^{1,*}Skel V.I., ¹Goryainova P.O.

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering
Russia, 129337, Moscow, 26 Yaroslavskoe sh.

*E-mail: SkelVI@mgsu.ru

GRAVITATIONAL CONCRETE MIXERS WITH UNIFIED DRIVE MECHANISMS

Abstract. *The problem of limiting the size range of mechanisms for driving gravity mixers based on the wide unification of their component elements is considered. The analysis of methods for unifying technical systems is given. It is represented by a sequence of logical steps that provide a systematic approach to the development of rational designs of concrete mixers and their components. The method of unification the drive mechanisms of gravity mixers based on unified planetary block modules and methods for selecting rational kinematic schemes and mixers design has been proposed. They allow to obtain a wide range of gear ratios and optimal speeds of working bodies rotation of concrete mixers. The growing demand for concrete mixers stimulates the process of improving the design and drive mechanisms, but the variety of types of drive is also increasing. Therefore, the creation of concrete mixers with unified planetary modular drive mechanisms reduces costs during operation and improves the reliability and quality of mixers.*

Keywords: *gravitational concrete mixer, unification, drive mechanism, working body, planetary gear, specialization, cooperation.*

REFERENCES

1. Gustov Yu.I., Stepanov M.A., Kaytukov B.A. Analysis of design and design schemes of concrete mixers. Mechanization of construction. 2013, no. 12, pp. 10–12.

2. Novitsky N.V., Mikhailova S.N. Specific characteristics of concrete mixers. Concrete and reinforced concrete. 1987, no. 6.

3. Bredulya V.G., Mikhailova S.N. Investigation of the loading body of the concrete mixer. Collection of works VNIISDM number 109. "Problems of increasing productivity and reducing the energy intensity of machines for concrete work" M: 1987.

4. Kaytukov B.A., Skel V.I., Goeva E.M. Improving the efficiency of gravity mixers. Mechanization of construction 2017, no. 12, pp. 50–53.

5. Telichenko V.I., Kaytukov B.A., Skel V.I. Determination of the optimal speeds of the mixing drums are gravitational concrete mixers. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 12, pp. 147–152.

6. Sharapov R.R., Kaytukov B.A., Stepanov, M.A. Some problems of dynamics and reliability of construction machinery. Mechanization of construction, 2017, vol. 78, no. 7, pp. 5–8.

7. Guiding normative document. RD 22-25; 180-87. Transmission gear, planetary, modular. Designs. Technical specifications. Ministry SDiKM USSR Moscow, 1987.

8. Guiding normative document RD22-25.183-87 Transmission gear, planetary, modular. Gearboxes. Layout layouts. Ministry of SDiKM USSR. Moscow, 1987.

9. Telichenko V.I., Kaytukov B.A., Skel V.I. Determination of the optimal speeds of the rotor blades of concrete mixers. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017, no.3, pp. 80–84.

10. Sharapov R.R., Uvarov V.A., Orekhova T. N. Theory of land transport and technological machines. Textbook. Belgorod, 2014, 160 p.

Information about the authors

Kaytukov, Batraz A. PhD, Associate Professor. E-mail: KaitukovBA@mgsu.ru. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, 26 Yaroslavskoe sh.

Skel, Vladimir I. PhD, Associate Professor. E-mail: skelvi@mgsu.ru. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, 26 Yaroslavskoe sh.

Goryainova, Polina O. Student. E-mail: GoryainovaPO@mgsu.ru. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, 26 Yaroslavskoe sh.

Received in November 2018

Для цитирования:

Кайтуков Б.А., Скуль В.И., Горяйнова П.О. Гравитационные бетоносмесители с унифицированными механизмами привода // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №1. С. 137–143. DOI: 10.12737/article_5c73fc2c5a8a36.45902159

For citation:

Kaytukov B.A., Skel V.I., Goryainova P.O. Gravitational concrete mixers with unified drive mechanisms. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 11, pp. 137–143. DOI: 10.12737/article_5c73fc2c5a8a36.45902159