

УДК 662.611

Таймаров Михаил Александрович

E-mail: taimarovma@yandex.ru

доктор технических наук, профессор

Казанский государственный энергетический университет

Адрес организации: 420066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

Лавирко Юрий Васильевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: lav.yu55@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Разработка автобетоносмесителя с дополнительными технологическими возможностями

Аннотация

Постановка задачи. Востребованность автобетоносмесителей, или «миксеров», в России возрастает не только в связи крупным монолитным домостроением, но и в связи с потребностями малого сегмента домостроения – одноэтажными и двухэтажными домами частного сектора. Монолитное домостроение оборудуется хорошими подъездными путями и налаженной системой отгрузки бетона. Поэтому при любой конструкции автобетоносмесителя его разгрузка за отведенное производителем бетона время обеспечивается. Для малого сегмента домостроения использование фирменных автобетоносмесителей связано, как правило, с отсутствием подъездных путей и механизированной отгрузки, небольшими разовыми количествами бетона, неудобствами и стесненностью возводимых бетонных конструкций. В этой связи возрастает потребность в автобетоносмесителях малой вместимости, которые являются недорогими и не имеют механизированной выгрузки бетона.

Результаты. В большинстве случаев комплектация по выгрузке бетона у таких автобетоносмесителей ограничивается одним выдвижным лотком. Время, затрачиваемое на выгрузку бетона, увеличивается по сравнению с фирменными автобетоносмесителями. У каждого производителя бетона есть своя норма на выгрузку бетона, в среднем составляющая не более 10 минут на 1 м³. За дополнительный простой на выгрузке взимается штраф от 500 до 1000 рублей за 1 час. На автобетоносмесителе в конструкции вращающейся емкости применена спираль Архимеда, позволяющая при вращении по часовой стрелке перегружать бетон из одного жёлоба в другой и при этом бетон остается в емкости. Поэтому длительность простоя автобетоносмесителей при отгрузке бетона связана с дальнейшим транспортированием бетона, находящегося в лотке. Стандартные удлинители лотка и рукава, которыми укомплектовываются автобетоносмесители отечественного производства, малопродуктивны, поскольку в них движение бетона гравитационное.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в разработке схемы применения конструкции двухшнековой системы выгрузки бетона при стесненных и ограниченных пространствах, которая значительно сокращает время выгрузки бетона и устраняет ручной труд.

Ключевые слова: разработка, автобетоносмеситель, шнек, бетон, подача, миксер, гидропривод, расчет.

Введение

Типовой зарубежный модельный ряд автобетоносмесителей включает девять вариантов конструкций с барабанами объемом 4-12 и 15 м³, оборудованных механической раздачей бетона. Однако из-за высокой цены в России пользуются спросом зарубежные автобетоносмесители с большой вместимостью, так как они быстрее окупаются. Для малого домостроения стоимость доставки бетона такими зарубежными автобетоносмесителями является высокой. Отечественные автобетоносмесители при подаче бетона на расстояние до 10 м используют простой длинный лоток или рукав, что

увеличивает время выгрузки бетона и долю используемого ручного труда. Применяется также электроприводная транспортная лента, использование которой в ограниченном пространстве не всегда возможно.

Сравнительные характеристики автобетоносмесителей

В табл. 1 приведены технические параметры автобетоносмесителей (АБС). Меньшее значение диапазона – это АБС на шасси КАМАЗа, большее – АБС на базе МАЗа, УРАЛа или иномарок (MAN, Mercedes, Iveco, Renault, Ford, Volvo, Scania, Mitsubishi, Howo, САМС, Shacman и др.) [1-4]. Как видно из табл. 1, масса АБС без бетона очень значительна. Поэтому главным требованием для АБС с большой емкостью является хорошее качество дорог. Полностью загруженный АБС на 12 м³ имеет массу 50 т и сможет проехать по дороге с твердым покрытием, а по укатанному грунту – только в сухую погоду. Поэтому АБС с меньшей емкостью имеет преимущество доставки по дорогам более низкого качества.

Таблица 1

Технические параметры автобетоносмесителей (АБС) различных диапазонов по емкостям

Емкость АБС, м ³	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число осей	2	3	3	3	3	3	4	4	4
Длина, м	7,4	7,4-8	7,8-8,5	8,2-8,8	8,4-9	8,5-9,2	9,3-9,5	9,8	9,9-10,4
Высота, м	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,8	3,8	3,9
Ширина, м	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,55	2,55	2,55	2,55
Масса без бетона, т	10	12	11,9-12,35	12,2-13,9	12,8-15	13-15	15,3-17,2	16,6	16,7-19
Выгрузка бетона	Лоток	Лоток	Лоток	Лоток	Лоток	Лоток	Лоток	Рукав	Лента
Удельная масса, т/м ³	2,5	2,4	1,98-2,05	1,74-1,98	1,6-1,87	1,44-1,67	1,53-1,72	1,51	1,39-1,58

Выгрузка бетона частично механизирована на АБС преимущественно зарубежного производства для диапазонов с емкостью 11-12 т с применением транспортных рукавов и гидроприводных лент. По требованиям производителей бетона скорость его выгрузки должна составлять не менее 12 т/ч при плотности 2500 кг/м³. Для АБС меньшего диапазона механизация и удобство выгрузки бетона остаются большой проблемой. Из табл. 1 видно, что относительная металлоемкость – масса, отнесенная к емкости АБС (т/м³), снижается с ростом емкости барабана. Поэтому проблема применения механизированной выгрузки бетона на АБС с малой емкостью барабана сдерживается уже существующим высоким значением относительной металлоемкости. С применением узлов для механизированной выгрузки возрастает масса АБС. Сравнительные характеристики автобетоносмесителей (АБС) отечественного и зарубежного производства приведены в табл. 2 [5-11].

Как видно из табл. 2, автобетоносмесители зарубежного производства имеют значение мощности шасси, отнесенное к значению емкости смесительного барабана, то есть удельную мощность (кВт/м³), гораздо ниже по сравнению с автобетоносмесителями российского производства.

Конструкции автобетоносмесителей китайских производителей SHAANXI, ANHUI, CNHTC выгодно отличаются от конструкций других производителей малой мощностью используемого двигателя, хорошим комфортом для работы водителей. Автобетоносмеситель SCOUT имеет загрузочный ковш, выгрузка – лотковая.

Для всех автобетоносмесителей, которые могут быть использованы для условий строительства в стесненных пространственных условиях, общим является отсутствие механизированной выгрузки, так как лоток может быть использован при наличии у потребителя бетона хороших подъездных путей и бетононасосов. Для российского малоэтажного домостроения использование лотков при выгрузке бетона сопряжено, в большинстве случаев, с использованием ручного труда.

Таблица 2

Характеристики автобетоносмесителей отечественного и зарубежного производства

Шасси	Производитель	Емкость барабана, м ³	Колесная формула	Мощность, кВт	Привод барабана, кВт	Полная масса, т	Удельная мощность, кВт/м ³
MAN	CIFA	10	8×4	294	72	40	29,4
КАМАЗ	ПАО «ТЗА»	5	4×2	221	37	21	44,2
IVECO	УРАЛТРАНС	9	6×6	309	72	33	34,3
МАЗ 5337А2	ДИЗЕЛЬ-ТС	4	4×2	169	37	17	42,3
VOLVO FMX	VOLVO	10	8×4	309	70	40	30,9
MITSUBISHI	ДИЗЕЛЬ-ТС	2	4×2	110	15	8,5	55
КАМАЗ	ПАО «ТЗА»	9	8×4	221	45,6	31	24,6
SX5316GJBM	SHAANXI	10	8×4	257	70	31	25,7
SX1140GP5	SHAANXI	5	4×2	118	35	13,6	23,6
CAMC	ANHUI	12	8×4	250	От шасси	40	20,1
SCANIA	CIFA	10	8×4	269	72	36	26,9
HOWO	CNHTC	16	8×4	280	От шасси	40	17,5
MERCEDES	MERCEDES	10	8×4	265	От шасси	32	26,5
RENAULT	TIGARBO	9	6×6	257	От шасси	36	28,6
SCOUT	PICCINI	3,5	4×4	74,5	От шасси	10	21,3

Исследование возможностей модернизации автобетоносмесителя на шасси КАМАЗ-58146Z для использования его при транспортировке бетона в условиях стесненного строительного пространства

Как наиболее серийно выпускаемый автомобильной промышленностью России для исследования возможности замены лотка на механизированную выгрузку бетона с помощью гидроприводных шнеков, взят автобетоносмеситель на шасси КАМАЗ-58146Z с мощностью дизельного двигателя шасси 206 кВт, колесной формулой 6×4 и емкостью смесительного барабана 6 м³ с его автономным гидромеханическим приводом от двигателя Д-242 мощностью 45 кВт. Полная масса автобетоносмесителя равна 25,2 т, удельная мощность составляет 34,3 кВт/м³, а удельная масса без бетона – 2,23 т/м³. Для малоэтажного домостроения и частного сектора доставка бетона автобетоносмесителями с емкостью барабана 6 м³ является наиболее востребованной из-за отсутствия подъездных путей и стесненных условий строительства. У рассмотренных в табл. 1-2 конструкций автобетоносмесителей общими недостатками являются:

- отсутствие возможности вертикальной подачи бетона на высоту выше уровня лотка;
- отсутствие возможности подачи бетона на расстояние от смесительного барабана, превышающего длину лотка с дополнительными насадками;
- застревание бетона в лотке с дополнительными насадками из-за затвердевания;
- потеря цементной воды через неплотности лотка с дополнительными насадками;
- отсутствие возможности дозирования подачи бетона небольшими порциями, так как с помощью изменения вращения смесительного барабана и изменения его наклона возможно только дозирование больших порций бетона;
- потери бетона при заливке точных строительных форм, так как дозировка производится крупными порциями и неизбежно излишняя масса, подаваемая в строительные формы, не используется и удаляется в виде неиспользуемых отходов;
- искажение точных заливаемых строительных форм, так как заливка производится большими порциями бетона;
- излишние затраты тяжелого физического труда, так как сборка и разборка лотка с насадками к нему для подачи бетона производится вручную;

- длительность по времени процесса заливки сложных строительных форм из-за неточности дозировки бетона и возникновение дополнительных экономических затрат в этой связи.

Разработка схемы шнековой механизированной выгрузки бетона

Схема шнековой механизированной выгрузки бетона, размещенной на автобетоносмесителе с шасси КАМАЗ-58146Z приведена на рис. 1.

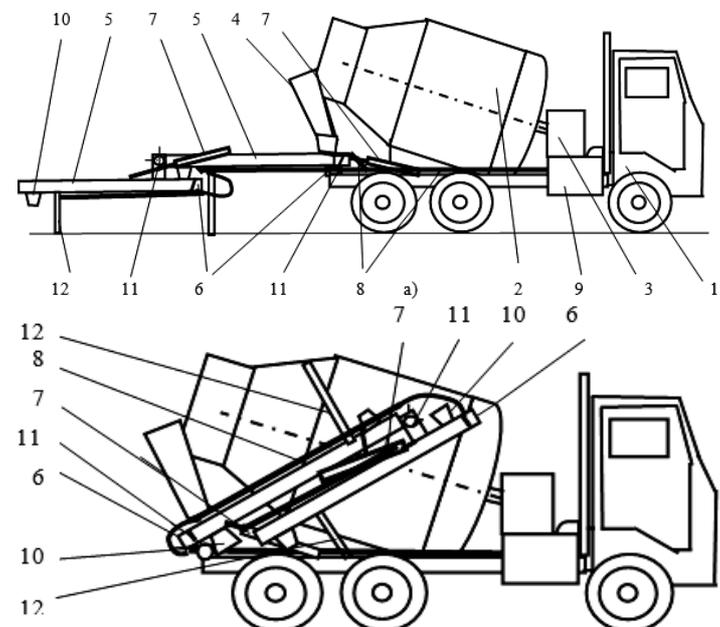


Рис. 1. Схема разработанного автобетоносмесителя с расширенными функциональными технологическими параметрами (иллюстрация автора):

а) рабочее положение; б) транспортное положение:

- 1 – автомобильное шасси; 2 – смесительный барабан; 3 – автономный двигатель с гидронасосом, гидромотором и гидроцилиндром для вращения и изменения наклона смесительного барабана; 4 – лоток подачи бетона; 5 – винтовые шнеки; 6 – гидромоторы для вращения винтовых шнеков; 7 – гидроцилиндры для развертывания винтовых шнеков в рабочее положение и для свертывания в транспортное положение; 8 – шланги для подвода масла к гидромоторам и к гидроцилиндрам; 9 – гидронасос для привода гидромоторов и гидроцилиндров с отбором мощности от двигателя автомобильного шасси; 10 – шнековые патрубки для приема и выдачи бетона; 11 – кронштейны крепления осей для развертывания и для свертывания винтовых шнеков; 12 – гидроприводные опоры винтовых шнеков в рабочее положение

При транспортировке бетона на автомобильном шасси 1 смесительный барабан 2 приводится во вращение от автономного двигателя 3 с гидронасосом и гидромотором. При прибытии на строительную площадку к месту использования бетона от вала отбора мощности включается гидронасос 9 и винтовые шнеки 5 с закрепленными на них гидромоторами 6 с помощью гидроцилиндров 7 приводятся в рабочее положение. Вначале поворотом на кронштейне 11, закрепленном на шасси, устанавливается на опору 12 верхний шнек 5, а затем поворотом на кронштейне 11, установленном на торце верхнего шнека устанавливается на опору 12 нижний шнек 5. В шнековый патрубок 10 верхнего шнека 5 вводится конец лотка 4. Входной шнековый патрубок нижнего шнека автоматически входит в выходной патрубок верхнего шнека при развертывании в рабочее положение нижнего шнека. Включается гидромотор 6 для привода нижнего шнека, затем гидромотор 6 для привода верхнего шнека, уменьшается угол наклона вращающегося барабана 2 к горизонту и бетон через лоток 4 поступает в шнековый патрубок 10 верхнего шнека. За счет вращения его лопастей бетон поступает через патрубки 10 в нижний шнек 5, а затем через патрубок 10 к месту использования. Высота подачи бетона

по отношению к горизонту может изменяться удлинением или укорачиванием высоты гидроопор 12 с помощью специальных устройств и длины выдвижения штока поршня гидроцилиндров 7. При прекращении подачи бетона приводится в транспортное положение барабан 2, выключаются гидромоторы 6, лоток 4 отводится от входного патрубка верхнего шнека 5 и с помощью гидроцилиндра 7 в транспортное положение сначала приводится нижний шнек 5, затем верхний шнек и выключается вал отбора мощности для гидронасоса шнеков.

На рис. 2 приведена функциональная схема длины, высоты и угла подъема при разгрузке бетона на строительной площадке с помощью винтовых шнеков.

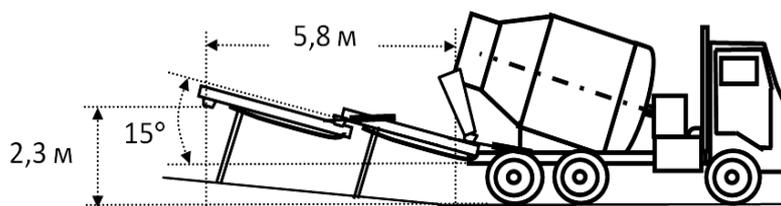


Рис. 2. Схема длины, высоты и угла подъема при разгрузке бетона на строительной площадке с помощью винтовых шнеков на разработанном автобетоносмесителе (иллюстрация автора)

Расчет винтовых шнеков

Расчет винтовых шнеков проводился по следующим формулам.

Необходимый диаметр винта:

$$D = 0,275Q/E \times n \times \varphi \times \rho \times R, \text{ м}, \quad (1)$$

где Q – наибольшая производительность шнека, равная 30 т/ч; E – отношение шага винта S к диаметру винта D , равный для бетона 0,8; n – частота вращения винта, равная для бетона 60 об/мин; φ – коэффициент заполнения желоба, равный для бетона 0,25; ρ – плотность бетона 2,5 т/м³; R – коэффициент уменьшения производительности от наклона шнека, равный 0,7 для угла 15°.

Предварительно принимаемое значение частоты вращения винтового шнека n для бетона составляет 60 об/мин. Это значение уточняется по зависимости $n \leq n_{max}$, где n_{max} рассчитывается по формуле:

$$n_{max} = A/D^{0,5}, \text{ об/мин}, \quad (2)$$

где A – коэффициент, равный 45 для бетона.

Проверка полученного значения диаметра D осуществляется по формуле:

$$D \geq a_{max} \times K, \quad (3)$$

где a_{max} – наибольший размер частиц гравия в бетоне, равный 20 мм; $K=12$ – коэффициент для сортированного гравия в бетоне.

Уточняем значение диаметра до нормализованного размера $D=0,4$ м и значение шага винта S до 0,32 м.

Мощность на валу винтового шнека:

$$N_0 = Q(L_2 \times \omega + H)/367 + 0,02R_6 \times q_k \times L_2 \times \omega_6, \text{ кВт}, \quad (4)$$

где L_2 – горизонтальная проекция длины шнека, равная 5,8 м; ω – коэффициент сопротивления перемещению бетона, равный 2,5; H – высота подъема бетона, равная 1,6 м; R_6 – коэффициент, учитывающий характер перемещения винтового шнека, равный 0,2; q_k – погонная масса вращающихся частей винтового шнека, подсчитываемая как $q_k=80D$, кг/м; ω_6 – коэффициент сопротивления движению вращающихся частей винтового шнека при подшипниках скольжения равный 0,16.

С учетом коэффициента запаса 1,25 мощность двигателя для привода винтового шнека равна:

$$N = 1,25N_0 \times \eta_n, \text{ кВт}, \quad (5)$$

где η_n – коэффициент полезного действия привода, равный 0,6.

Полученные расчетные параметры двухшнековой системы для длин 6 и 9 м приведены в табл. 3.

Расходные характеристики и потребляемая мощность для выгрузки бетона плотностью 2500 кг/м³ для предлагаемого автобетоносмесителя приведены на рис. 3. Как

видно из рис. 3, повышение скорости выгрузки бетона с $0,2 \text{ м}^3/\text{мин}$ до $0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ приводит к росту потребляемой мощности в 2,4 раза. При обычной выгрузке бетона со скоростью $0,2 \text{ м}^3/\text{мин}$ удлинение шнека с 6 м до 9 м увеличивает потребляемую мощность в 1,43 раза.

Таблица 3

Параметры двухшнековой системы с однозаходным винтом для длин 6 м и 9 м при $Q=30 \text{ т/ч}$

Параметр	Длина системы 6 м					Длина системы 9 м				
	D , м	S , м	n , об/мин	H , м	N , кВт	D , м	S , м	n , об/мин	H , м	N , кВт
Значение	0,4	0,32	60	1,6	3	0,4	0,32	60	2,33	4,34

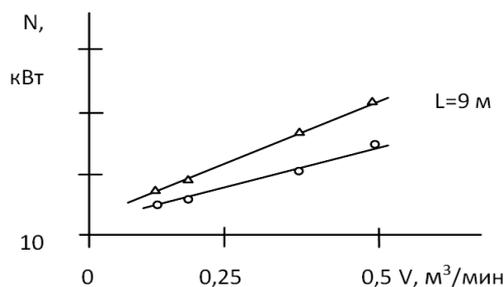


Рис. 3. Зависимость потребляемой мощности N от скорости выгрузки бетона V с плотностью 2500 кг/м^3 при длинах винтовых шнеков $L=6 \text{ м}$ и $L=9 \text{ м}$ (иллюстрация авторов)

При мощности двигателя шасси 206 кВт потребление мощности в случае использования винтовых шнеков с их общей длиной 9 м и скоростью выгрузки $0,2 \text{ м}^3/\text{мин}$ для плотности бетона 2500 кг/м^3 составляет 4,3 кВт и запас по мощности шасси имеется.

Заключение

1. Применение автобетоносмесителей с винтовыми выгрузочными шнеками для стесненных условий малоэтажного строительства и отсутствия подъездных путей позволяет механизировать процесс выгрузки бетона, снизить время, затрачиваемое на выгрузку, повысить производительность труда.

2. Автомобильная база с двигателем 206 кВт на шасси КАМАЗ-58146Z при емкости барабана 6 м^3 с автономным приводом 45 кВт позволяет применять винтовое двухшнековое выгрузочное устройство.

Список библиографических ссылок

1. Ибрагимов Р. А. Использование сульфатно-содовой смеси в качестве ускорителя твердения в технологии тяжелого бетона // Вестник Казанского технологического университета. 2019. № 9 (18). С. 167–170.
2. Berkahn V., Berner F., Kuttner H., Schwieger V., Hirschner J. Effizienzoptimierung und Qualitätssicherung ingenieurgeodätischer Prozesse im Hochbau // Bauingenieur. 2010. V. 85, № 11. S. 491–498.
3. Rehr I., Rinke N., Kutterer H., Berkahn V. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bei der Durchführung tachymetrischer Netzmessungen // AVN-Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. 2011. № 1. S. 2–14.
4. Кузьмин И. Б. Синергобетонирование монолитных конструкций пароразогретыми в автобетоно-смесителях смесями. Владимир : изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. 248 с.
5. Грифф И. А. Фургоны, самосвалы, платформы, тягачи специальные, прицепы-роспуски России и СНГ. М. : Автополос, 2004. 448 с.

6. Nils Rinke, Volker Berkhahn, Ingo Neumann, Flitz Berner. Simulating quality assurance and efficiency analysis between construction management and engineering geodesy // Science Direct magazine. 2017. № 76. P. 24–35.
7. Mireille G. Battikha. Quality management practice in highway construction. // International Journal of Quality and Reliability Management. 2003. № 20. P. 532–550.
8. Дворковой В. Я., Рузанова А. С. Эффективность и области рационального применения автобетоносмесителей различных типоразмеров // Вестник МАДИ. 2013. № 4 (35). С. 45–48.
9. Мерников А. Г. Автомобили. М. : АСТ, 2018. 192 с.
10. Lamond J. Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials. West Conshohocken : ASTM International Press, 2018. 655 p.
11. Karthikeyan H. Improving Concrete Quality : CRC Press, 2019. 214 p.

Taimarov Mikhail Alexandrovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: taimarovma@yandex.ru

Kazan State Power Engineering University

The organization address: 420066, Russia, Kazan, Krasnoselskaya st., 51

Lavirko Yuri Vasilyevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: lav.yu55@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development of a concrete mixer with additional technological capabilities

Abstract

Problem statement. The demand for concrete mixers, or «mixers», in Russia is growing not only in connection with large monolithic house-building but also with the needs of a small segment of house-building – one-story and two-story houses of the private sector. Monolithic housing construction is equipped with good access roads and an established concrete shipment system. Therefore, with any design of the mixer truck, its unloading for the time allotted by the concrete manufacturer is provided. For a small segment of homebuilding, the use of branded concrete mixer trucks is usually associated with the lack of access roads and mechanized shipment, small single quantities of concrete, inconvenience and constraint of the concrete structures being erected. In this regard, there is an increasing need for small-capacity concrete mixers, which are inexpensive and do not have mechanized concrete unloading.

Results. In most cases, the concrete unloading equipment for such concrete mixer trucks is limited to one pullout tray. The time spent on unloading concrete is increasing compared to branded concrete mixer trucks. Each concrete manufacturer has its own rate for unloading concrete, on average, not more than 10 minutes per 1m³. For an extra downtime at unloading, a fine of 500 to 1000 rubles per 1 hour is charged. On a concrete mixer in the design of a rotating tank, an Archimedes spiral is used, which allows clockwise rotation to load concrete from one gutter to another, while the concrete remains in the tank [1-5]. Therefore, the downtime of concrete mixers during the shipment of concrete is associated with the further transportation of concrete in the tray. The standard extenders of the tray and sleeves, which are equipped with domestic concrete mixer trucks, are inefficient since the movement of concrete in them is gravitational.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry consists in the development of a scheme for using a two-screw concrete discharge system in confined and confined spaces, which significantly reduces the time of concrete discharge and eliminates manual labor.

Keywords: development, concrete mixer truck, screw, concrete, feed, mixer, hydraulic drive, calculation.

References

1. Ibragimov R. A. The use of sulfate-soda mixture as a hardening accelerator in heavy concrete technology // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2019. № 9 (18). P. 167–170.
2. Berkhahn V., Berner F., Kuttner H., Schwieger V., Hirschner J. Effizienzoptimierung und Qualitätssicherung ingenieurgeodätischer Prozesse im Hochbau // Bauingenieur. 2010. V. 85. № 11. S. 491–498.
3. Rehr I., Rinke N., Kutterer H., Berkhahn V. Maßnahmen zur Effizienzsteigerung bei der Durchführung tachymetrischer Netzmessungen // AVN-Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. 2011. № 1. S. 2–14.
4. Kuzmin I. B. Synergy concreting of monolithic structures with steam-heated mixtures in concrete mixers. Vladimir : Vladim. State University, 2011. 248 p.
5. Griff I. A. Vans, dump trucks, platforms, special tractors, trailers-dissolution of Russia and the CIS. M. : Autopolus, 2004. 448 p.
6. Nils Rinke, Volker Berkhahn, Ingo Neumann, Flitz Berner. Simulating quality assurance and efficiency analysis between construction management and engineering geodesy // ScienceDirect magazine. 2017. № 76. P. 24–35.
7. Mireille G. Battikha. Quality management practice in highway construction // International Journal of Quality and Reliability Management. 2003. № 20. P. 532–550.
8. Dvorkovoy V. Ya., Ruzanova A.S. Efficiency and areas of rational use of concrete mixers of various sizes // Vestnik MADI. 2013. № 4 (35). P. 45–48.
9. Mernikov A. G. Automobiles. M. : AST, 2018. 192 p.
10. Lamond J. Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials. West Conshohocken : ASTM International Press, 2018. 655 p.
11. Karthikeyan H. Improving Concrete Quality : CRC Press, 2019. 214 p.