

УДК 666. 983

И. А. Емельянова, д-р техн. наук

А. А. Задорожный,

В. В. Блажко, канд. техн. наук

А. И. Анищенко, аспирант

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры,  
г. Харьков, Украина

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКТЫ МАЛОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕТНОСМЕСИТЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В КАСКАДНОМ РЕЖИМЕ

*Представлены технологические комплекты малогабаритного оборудования для выполнения торкрет-работ, транспортирования бетонных смесей и приготовления сталефибробетонных смесей. Комплекты предназначены для работы в условиях строительных площадок различного назначения, а также в условиях производства. Приведены их технические характеристики. Обращено внимание на конструктивные особенности машин и оборудования входящих в состав комплектов.*

*Уделяется внимание новым бетоносмесителям, используемых в технологических комплектах работающих в каскадном режиме и позволяющих готовить смеси различной подвижности, включая малоподвижные. Сделаны акценты на некоторых результатах исследований оборудования и машин технологических комплектов.*

*Представлені технологічні комплекти малогабаритного устаткування для виконання торкрет-робіт, транспортування бетонних сумішей і приготування сталефібробетонних сумішей. Комплекти призначені для роботи в умовах будівельних майданчиків різного призначення, а також в умовах виробництва. Приведені їх технічні характеристики. Звернена увага на конструктивні особливості машин і устаткування що входять до складу комплектів.*

*Приділяється увага новим бетоносмесителям, використовуваних в технологічних комплектах тих, що працюють в каскадному режимі і дозволяють готувати суміші різної рухливості, включаючи малорухливі. Зроблені акценти на деяких результатах досліджень устаткування і машин технологічних комплектів*

### Введение

В условиях строительства ремонта и реконструкции сооружений различного назначения возникает необходимость в использовании оборудования для выполнения небольших объемов бетонных работ которое характеризовалось бы малой металлоемкостью и массой, несложным перебазированием с одного объекта на другой. При этом, следует отметить, что особого внимания заслуживают виды оборудования и машин, работающие на малоподвижных смесях различного назначения.

### Основная часть

Предлагаются новые комплекты малогабаритного оборудования, которые могут быть использованы:

– для выполнения торкрет – работ и транспортирования малоподвижных бетонных смесей с непосредственным их приготовлением в условия строительной площадки.

Технологический комплект оборудования для выполнения торкрет – работ и транспортирования бетонных смесей представлен на рис.1.

Техническая характеристика технологического комплекта оборудования

Производительность, м <sup>3</sup> /ч.....	4,5 -5
Максимальный размер заполнителя, мм.....	8 – 10
Суммарная мощность двигателей, кВт.....	11
Габаритные размеры, мм:	
длина.....	1500
ширина.....	1100
высота.....	1700
Масса, кг.....	800

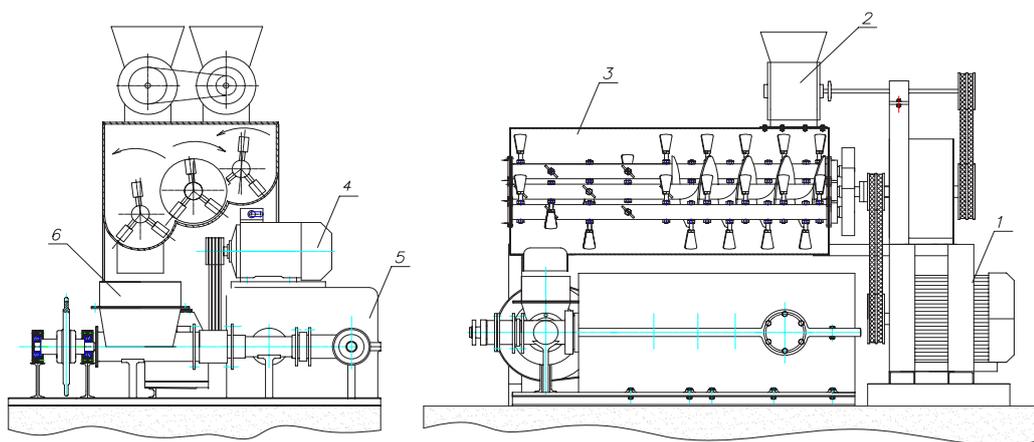


Рис. 1. Технологический комплект оборудования:  
 1 – привод смесителя с ячейковыми питателями; 2 – ячейковые питатели;  
 3 – трехвальный бетоносмеситель; 4 – привод растворобетонасоса;  
 5 – растворобетонасос

Главной машиной, определяющей производительность комплекта, является растворобетонасос. На данный момент коллективом кафедры механизации строительных процессов Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры создано несколько конструктивных решений двухпоршневых растворобетонасосов, каждый из которых запатентован в Украине и прошел апробацию на многих строительных объектах города Харькова и других городов [1, 2]

Принципиальные схемы машин приведены на рис. 2.

Эксплуатация растворобетонасосов, схемы которых представлены на рис 2. (а, б, в, г), в процессе эксплуатации постоянно совершенствуются. Базовой машиной является растворонасос Демьяненко (рис. 2 а), который после соответствующих усовершенствований был переоснащен для работы на мелкозернистых малоподвижных смесях и неоднократно использовался при проведении торкрет-работ в условиях ремонта и реконструкции действующих зданий и сооружений.

Насосы на рис.2 (б, в, г) прямоточные и могут использоваться для работы не только на подвижных, но и малоподвижных смесях. Эксплуатация этих машин улучшена за счет прямой подачи смеси в их рабочее пространство.

Расчет мощностных затрат прямоточных растворонасосов может быть произведен, исходя из мгновенной подачи смеси в цилиндры и давления, которое в них развивается [3]:

$$P_{об} = \frac{\left[ S_h \cdot \left( \frac{l_2}{l_1} l_k \cdot \omega \right) \cdot \left( \sin \omega t + \frac{l_k}{lu} \sin 2\omega t \right) + S_h (l_k \cdot \omega) \left( \sin \omega t + \frac{l_k}{lu} \sin \omega t \right) \right] \cdot P_{ry}}{1000 \eta_{мех}} \quad (1)$$

где:  $S_p$  и  $S_k$  - площади рабочего и компенсационного поршней;

$l_k$   $l_{ш}$ - соответственно длины кривошипа и шатуна;

$P_{ry}$  - давление в цилиндре;

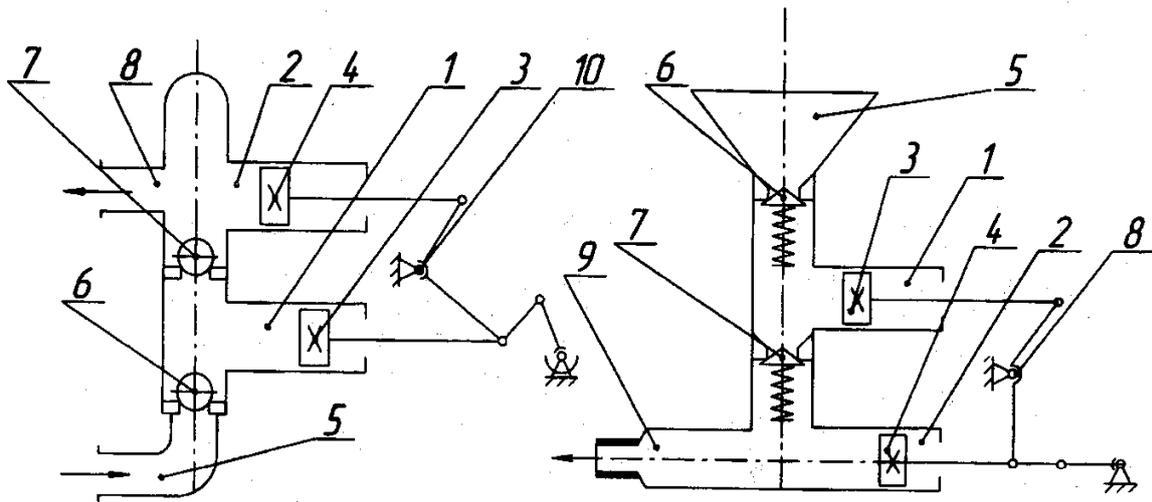
$l_1/l_2$  - соотношение плечей кулисы;

$\omega$  - угловая скорость кривошипа;

$t$  - время перемещения поршней;

Мощностные затраты можно также определить, исходя из зависимости [4]:

$$P = H \rho_o g + \frac{8 \mu_1 L}{\pi R_T^4} \left( Q + \frac{\pi R_T^2 \tau_o}{3 \mu} \right) \quad (2)$$



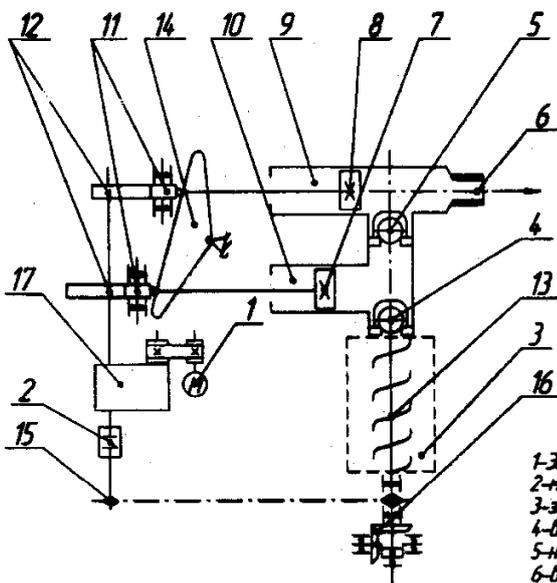
*Двухпоршневой противодействующий растворобетонасос вертикальная колонка*

а)

- 1-рабочий цилиндр
- 2-компенсационный цилиндр
- 3,4-поршни
- 5-загрузочная баранка
- 6-всасывающий клапан
- 7-нагнетательный клапан
- 8-трубопровод
- 9-кулисный механизм
- 10-кривошипно-шатунный механизм

*Двухпоршневой проточный растворобетонасос вертикальная колонка*

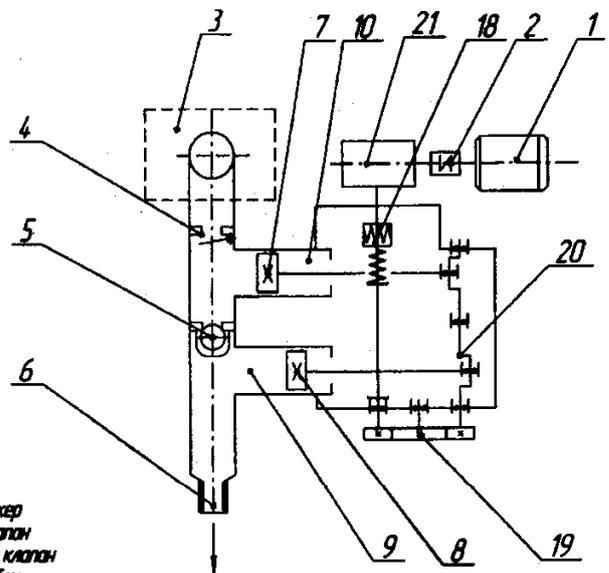
б)



*Двухпоршневой проточный растворобетонасос с кулисным приводом и принудительной загрузкой горизонтальная колонка*

в)

- 1-Электродвигатель
- 2-муфта
- 3-загрузочный бункер
- 4-всасывающий клапан
- 5-нагнетательный клапан
- 6-выходной патрубок
- 7-рабочий поршень
- 8-компенсационный поршень
- 9-компенсационный цилиндр
- 10-рабочий цилиндр
- 11-приводные ролики
- 12-кулиски
- 13-вал со шнеком
- 14-толкатель
- 15-цепная передача
- 16-коническая передача
- 17-цилиндрический редуктор
- 18-храповая муфта
- 19-зубчатая передача
- 20-коленчатый вал
- 21-червячный редуктор



*Двухпоршневой проточный растворобетонасос с коленчатым валом и храповой муфтой в колонка*

г)

Рис. 2. Принципиальные схемы двухпоршневых растворобетонасосов

где:  $H$  – высота транспортирования смеси;  
 $L$  – длина пути транспортирования смеси;  
 $\rho_o$  – средняя плотность смеси;  
 $g$  – ускорении свободного падения;  
 $\mu$  – динамическая вязкость;  
 $Q$  – подача бетонной смеси;  
 $R_t$  = радиус транспортного трубопровода.

Возможности рассмотренного комплекта могут быть расширены, если в технологическую схему производства работ включить дополнительно пневмоустановку, состоящую из эжектора, камеры смешения и ячейкового питателя. В таком случае, комплект оборудования может быть использован для работы на крупнозернистых бетонных смесях с максимальным размером заполнителя  $d_{max}$  до 20 м (рис. 3).

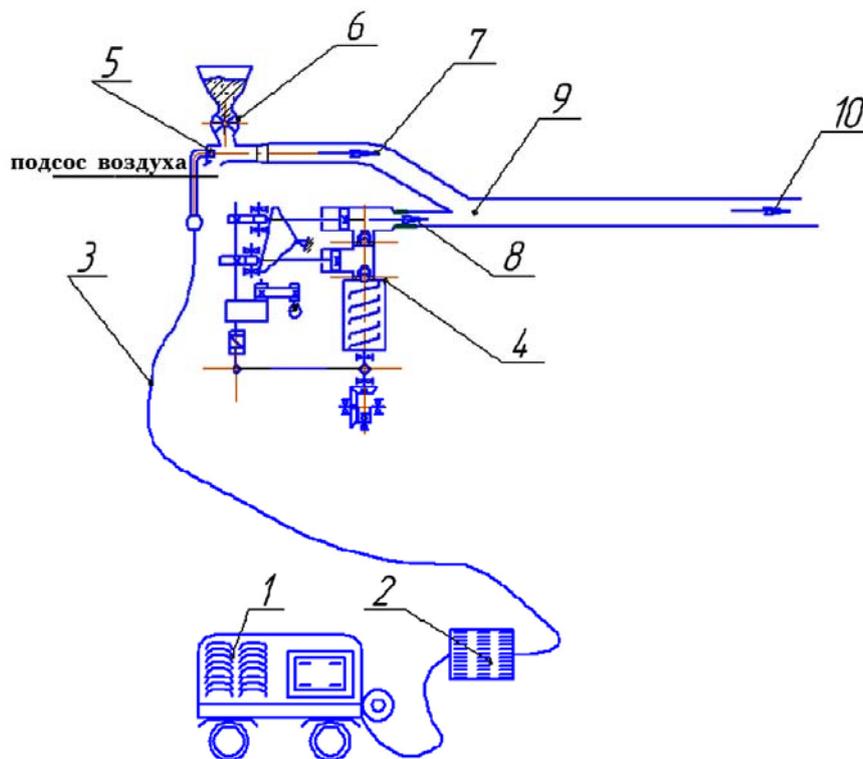


Рис. 3. Технологическая схема транспортирования крупнозернистой бетонной смеси:  
 1 – компрессорная установка; 2 – воздушный фильтр; 3 – воздухопровод; 4 – прямоточный растворобетононасос с горизонтальным расположением цилиндров; 5 – эжектор;  
 6 – ячейковый питатель; 7 – магистраль подачи крупного заполнителя; 8 – магистраль подачи мелкозернистой бетонной смеси; 9 – камера смешения мелкозернистой бетонной смеси и крупного заполнителя; 10 – магистраль подачи крупнозернистой бетонной смеси

При наличии рабочих сопел с кольцевыми насадками, конструкция которых запатентована, рассматриваемый комплект оборудования может быть использован как при мокром торкретировании, так и при шприц – бетонировании.

При работе на крупнозернистых бетонных смесях предлагаемая технологическая схема позволяет использовать энергию дополнительного потока воздуха Еподс, которая поступает через дополнительный патрубок пневмоустановки, что снижает затраты сжатого воздуха на ее работу в пределах 20 % [5]:

Предлагается также комплект малогабаритного оборудования для приготовления мелкозернистых сталефибробетонных смесей, который может быть использован как в условиях строительной площадки, так и на заводах производства строительных смесей (рис. 4).

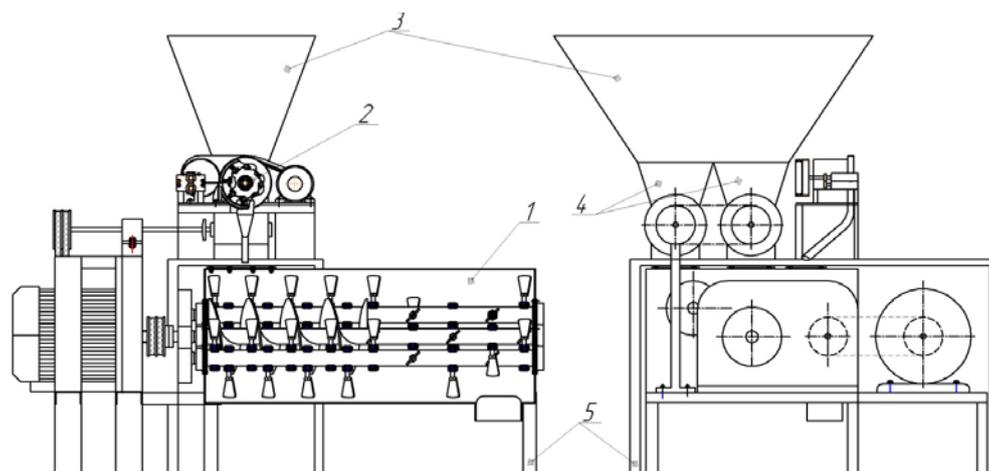


Рис. 4. Технологический комплект малогабаритного оборудования для приготовления мелкозернистых сталефибробетонных смесей: 1 – трехвальный смеситель; 2 – автомат – резчик; 3 – загрузочный бункер составляющих бетонной смеси; 4 – ячейковые питатели; 5 – рама

Техническая характеристика технологического комплекта оборудования

Производительность, м <sup>3</sup> /ч.....	4,5 -5
Максимальный размер заполнителя, мм.....	8 – 10
Габаритные размеры нарезаемой фибры, мм	
длина.....	20..25
диаметр.....	0,5...1,0
Сумарная мощность двигателей, кВт.....	8
Габаритные размеры, мм:	
длина.....	1500
ширина.....	1100
высота.....	1700
Масса, кг.....	600

Автомат – резчик (рис.4 поз 2) является составной частью технологического комплекта оборудования и представлен на рис. 5.

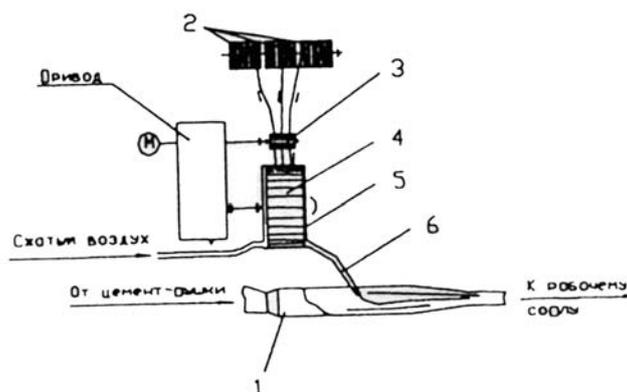


Рис. 5. Автомат-резчик стальных фибровых элементов: 1 – камера смешения; 2 – бухта с проволокой; 3 – профилирующие ролики; 4 – ножевая головка; 5 – корпус ножевой головки; 6 – патрубок подачи нарезаемых фибровых элементов в камеру смешения

Такой комплект оборудования позволяет:

- приготавливать и транспортировать сталефибробетонные смеси разной подвижности непосредственно в условиях строительной площадки;
- осуществлять торкрет-работы с непосредственной нарезкой фибровых элементов в условиях строительной площадки.

Мощность оборудования для нарезки фибровых элементов

$$P_{\text{общ. ф.э.}} = P_{\text{проф.}} + P_{\text{рез}} \quad (3)$$

где  $P_{\text{проф}}$  – мощность затрачиваемая на процесс профилирования проволоки;

$P_{\text{рез}}$  – мощность затрачиваемая на процесс резания проволоки

В рассмотренных комплектах оборудования (рис. 1, 4) присутствует трехвальный смеситель, который позволяет приготавливать строительные смеси различной подвижности и назначения: бетонные малоподвижные и подвижные сталефибробетонные, сухие, на легких заполнителях.

Бетоносмеситель запатентован в Украине [6] и прошел испытания в производственных условиях.

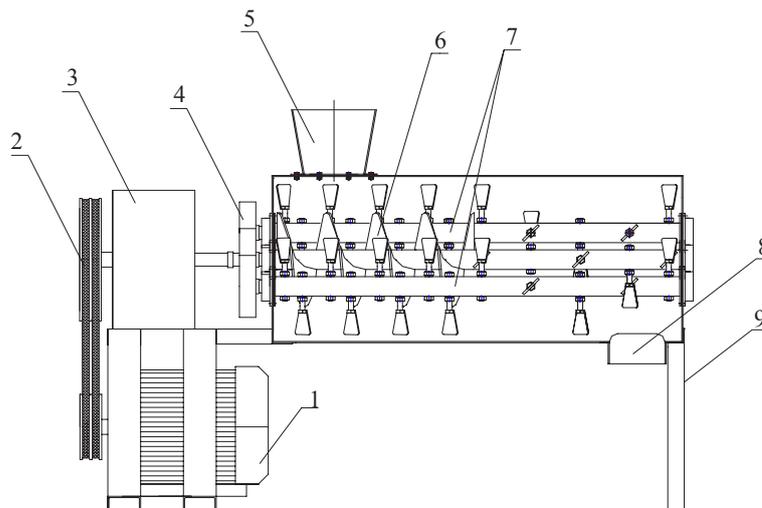


Рис. 6. Трехвальный бетоносмеситель:

- 1 – двигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – редуктор; 4 – открытая зубчатая передача;
- 5 – загрузочный бункер; 6 – шнековый вал; 7 – лопастные валы; 8 – разгрузочный патрубкок;
- 9 – рама

Техническая характеристика бетоносмесителя

Производительность, м <sup>3</sup> / ч.....	4,0...4,5
Максимальный размер заполнителя, мм.....	8 – 10
Частота вращения валов, с <sup>-1</sup> .....	1,03
Мощность двигателя, кВт.....	5,5
Габаритные размеры, мм:	
длина.....	1500
ширина.....	576
высота.....	1400
Масса, кг.....	250

Бетоносмеситель позволяет получить за короткий интервал времени бетонные смеси высокой степени однородности.

В основу работы машины положен новый принцип перемешивания, основанный на каскадном режиме ее работы, что существенно интенсифицирует и ускоряет процесс приготовления смесей. Проведенные исследования показали, что для приготовления бетонных смесей подвижностью П = 2...4 см. требуется 45 с при затратах мощности порядка 5,5 кВт [7].

Результаты многочисленных исследований работы трехвального бетоносмесителя показали эффективность работы смесителя в каскадном режиме, что позволило создать на

этом принципе работы новый бетоносмеситель принудительно-гравитационного действия, который также может быть использован в комплектах малогабаритного оборудования (рис. 7).

Новый бетоносмеситель объединил положительные стороны гравитационного бетоносмесителя и смесителя принудительного действия [9].

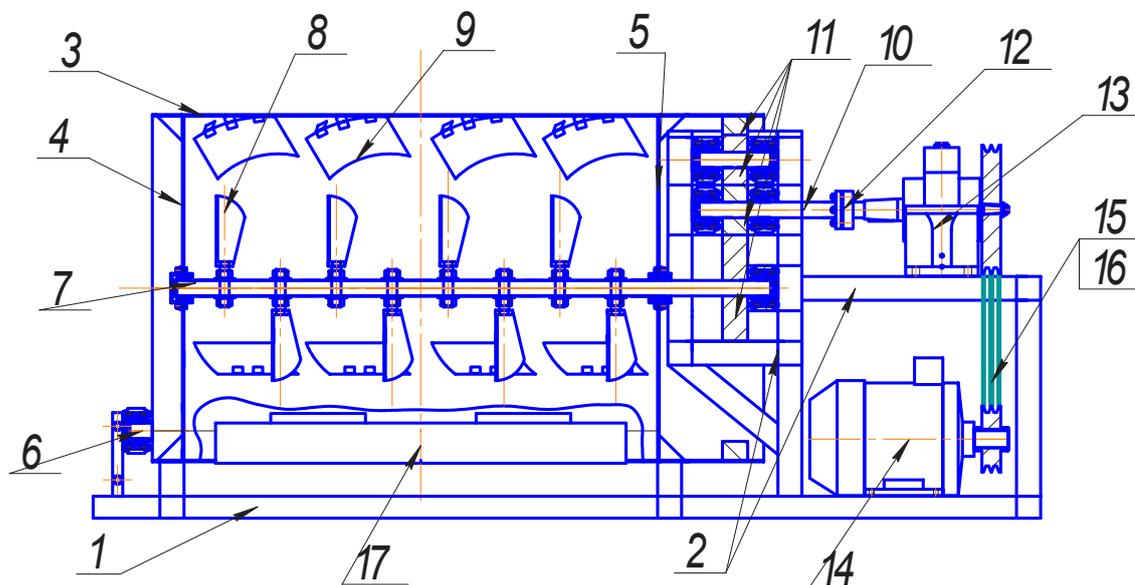


Рис. 7. Бетоносмеситель принудительно-гравитационного действия.

- 1 – рама; 2 – привод; 3 – корпус; 4, 5 – торцевые стенки корпуса; 6 – ролико-опоры; 7 – подшипниковые опоры; 8 – лопастной вал; 9 – лопатки корпуса; 10 – приводной вал; 11 – планетарная зубчатая передача; 12 – муфта; 13 – редуктор; 14 – двигатель; 15 – клиноременная передача; 16 – защитный кожух; 17 – разгрузочное отверстие с крышкой.

Техническая характеристика бетоносмесителя принудительно-гравитационного действия (промышленный образец).

Производительность, м <sup>3</sup> /ч.....	10
Максимальный размер заполнителя.....	20
Частота вращения вала, с <sup>-1</sup> .....	50...60
Частота вращения корпуса, с <sup>-1</sup> .....	16...18
Габаритные размеры, мм	
длина.....	3000
ширина.....	1330
высота.....	1300
Мощность двигателя, кВт.....	22
Масса смесителя, кг.....	1000

Лопатки барабана смесителя должны иметь такой профиль и так установлены, чтобы частицы смеси при сходе с лопаток вращающегося барабана попадали на лопатки вращающегося вала.

Траектория движения частиц смеси при сходе с лопаток вращающегося барабана может быть найдена согласно уравнению [8]:

$$y_x = C \cdot \frac{x}{V_{abc} \cdot \cos \alpha} + \frac{C^2}{g} \ln \left( \frac{\beta + \exp \left( -\frac{2g}{C} \cdot \frac{x}{V_{abc} \cdot \cos \alpha} \right)}{\beta} \right) \quad (4)$$

где  $C = \sqrt{\frac{4\rho_0 r \cdot g}{3k}}$ , где  $\rho_0$  – средняя плотность бетонной смеси;

$k$  – коэффициент пропорциональности который зависит от формы частиц смеси с лопатки вращающегося барабана;

$V_{abc}$  – абсолютная скорость схода частиц смеси с лопатки вращающегося барабана.

Направления траекторий движения частиц при сходе с лопаток барабана, определенные согласно уравнению (4) показали, что частицы смеси, падая с лопаток барабана, попадают на лопатки вращающегося вала, тем самым подтверждая работу смесителя в каскадном режиме.

### Выводы

1. Предложены эффективные комплекты нового малогабаритного оборудования для условий строительства.
2. Приведены технические характеристики машин и оборудования, составляющих эти комплекты.
3. Раскрыты возможности и особенности использования новых технологических комплектов.
4. Обращено внимание на бетоносмесители новых конструктивных решений.

### Список литературы

1. Емельянова И. А., Баранов А. Н., Задорожный А. А., Проценко А. А., Регли У. К. Использование оборудования «мокрого» торкретирования в условиях реконструкций зданий и сооружений. //Науковий вісник будівництва – Харків ХДТУБА – ХОТВАБУ, Вип. №2, 1998 – С. 26-29.
2. Задорожный А. А. Оборудование мокрого торкретирования при проведении гидроизоляционных работ.// Придніпровський науковий вісник. Технічні науки, № 72 (139), 1998. С. 6-10.
3. Задорожный А. О. Розробка нового технологічного обладнання для нанесення малорухомих бетонних сумішей засобом мокрого торкретування . – Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, ХДТУБА, Харків. 1998 р.
4. Проценко О. М., Розробка обладнання для мало імпульсної подачі будівельних сумішей при мокрому торкретуванні. - Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, ХДТУБА, Харків. 2000 р.
5. Емельянова И. А., Задорожный А. А., Гузенко С. А. Особенности движения крупнозернистой бетонной смеси при шприц-бетонировании с использованием малогабаритного оборудования // Ж. «Промислова гідраліка і пневматика» № 2 – Вінниця: Вінницький державний аграрний університет, 2009 – С. 11-13.
6. Саханенко П. В. Автомат – резчик фибровых элементов, используемых при пневматическом набрызге сталефибробетонных смесей. // Науковий вісник будівництва – Харків ХДТУБА – ХОТВАБУ, Вип. №13, 2001 – С. 109-112.
7. Емельянова И. А., Баранов А. М., Блажко В. В., Тугай В. В. Змішувач для приготування будівельної суміші. Патент на винахід України № 74444. Бюл. № 12, 2005 р.
8. Блажко В. В. Тривальний бетонозмішувач для приготування малорухомих бетонних сумішей. – Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, ХДТУБА, Харків. 2007 р.
9. Емельянова И. А. Блажко В. В., Доброходова О. В., Анищенко А. И. Особенности работы бетоносмесителей в каскадном режиме // Труды «Интерстроймех – 2009». Бишкек: КГУСТиА – С. 90-95.

**TECHNOLOGICAL COMPLETE SETS OF SMALL EQUIPMENT WITH THE USE OF CONCRETE MIXERS, WORKINGS IN CASCADE MODE**

I.A. EML'JANOVA, D-r Sci. Tech., A. A. ZADOROZHNY, Cand. Tech. Sci.  
V. V. BLAZHKO, Cand. Tech. Sci., A.I. ANISHHENKO, The post-graduate student

*The technological packages small equipment to carry out spray operations, transportation of concrete mixtures and cooking concrete with steel fiber mixtures. Kits are designed to work in construction sites for various purposes, as well as in industry. Given their technical characteristics. The attention to design features of machinery and equipment belonging to the sets.*

*Attention is paid to the new mixer is used in technological units operating in cascade mode and allow the preparation of the mixture of different mobility, including slow-moving. Emphasis is placed on some of the results of research equipment and machinery technology sets.*

*Поступила в редакцию 26.05 2010 г.*