

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-2-90-99

**Шарапов Р.Р., \*Шихов Н.С., Агарков А.М.**

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

\*E-mail: kolya101097@yandex.ru

## ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ПРОИЗВОДСТВА ШТУКАТУРНЫХ РАБОТ ПАРАМЕТРОВ РОБОТА-ШТУКАТУРА

**Аннотация.** В статье рассмотрены основные аспекты изучения эффективного применения штукатурных машин и смесей в строительстве путем применения автоматизированных и механизированных систем, агрегатов и роботов. Теоретический аспект исследования процесса уплотнения штукатурного слоя с помощью виброплатформы робота-штукатура с регулируемыми параметрами. Выявлены основные конструктивно-технологические параметры виброуплотнения штукатурного слоя и их влияние на эффективность процесса уплотнения вертикальных стен. Описаны методики проведения экспериментальных исследований, а также экспериментальные установки, на которых проводился лабораторный эксперимент. Использование данной технологии позволяет решить проблему временных затрат и увеличить показатели производительности труда, а также аспекты экономического характера. При изменении физико-механических характеристик виброплатформы ее зависимость факторов варьирования позволяет сформировать наиболее благоприятные условия для механического воздействия колебаний на эффективность процесса оштукатуривания вертикальных стен. Изучены штукатурные смеси для получения штукатурного слоя, проанализированы основные физико-механические характеристики, требования, которые необходимо учитывать в процессе оштукатуривания. В работе приведено сравнение физико-механических характеристик виброплатформы, выявлены преимущества и недостатки при использовании разных комбинаций параметров. Установлено, что использование определенной комбинации либо изменение одного важного параметра способствует повышению физико-механических характеристик по сравнению с традиционным методом механического воздействия.

**Ключевые слова:** штукатурная смесь, оштукатуривание, робот-штукатур, машины и агрегаты, конструкции, плотность, отрыв.

**Введение.** Ведущие компании, связанные с робототехникой, уже сейчас выпускают разнообразные строительные аппараты, с успехом используемые при строительстве больших объектов. Такие устройства показали свою высокую эффективность на всех стадиях – от проектирования до финишной отделки.

Разработка нового устройства штукатурной машины и технологии использования для автоматизированного уплотнения вертикальных стен, разработка новой автоматизированной штукатурной машины является актуальной задачей.

Необходимостью является изучение более широких связей и свойств объектов, воздействия кинематических, силовых, энергетических и других параметров штукатурных машин с целью выявления новых закономерностей их функционирования и создание на их основе новых конструкций вибромашин, обладающих повышенной эффективностью [1–5].

Анализ результатов патентного поиска показал, что настоящее время имеется множество различных видов агрегатов, устройств и машин для проведения автоматизированных штукатурных работ [6–8]. Наиболее важными особенностями технических решений является:

– проектирование новых видов агрегатов, устройств и машин для проведения автоматизированных штукатурных работ с высоким показателем производительности и наиболее важным аспектом экономической значимости;

– использование новых видов смесей с добавлением композитных материалов, повышающих параметры и качество готовой штукатурной смеси;

– применение новых технологий в производстве и эксплуатации готовых установок – наиболее ярким примером является применение новых программных обеспечений и интерфейса, как и использование новых оптических и лазерных датчиков для позиционирования агрегата в пространстве и оценки качества выполненных работ.

Изучением эффективного применения штукатурных машин и смесей занимаются разные страны такие, как: США, Испания, Португалия, Россия (СССР), Индия, Китай и др. Расширенным изучением штукатурных машин занимаются Китай и Россия. По результатам патентного поиска, можно сделать вывод, что Китай преуспел в исследовании эффективного применения штукатурных машин и смесей [9–11]. Китай работает на высоком уровне и добился высоких результатов в процессе работы [12–15]. Что касается рос-

сийских патентов автоматизированного оштукатуривания, работы велись очень давно, но Россия продолжает исследования в данном направлении.

Существующие роботы для штукатурных работ не распространены из-за высокой стоимости. Как правило, такие виды работ принято делать вручную по маякам. В Китае же, с их огромными объемами строительства они применяются чаще.

**Материалы и методы.** Исследования влияния конструктивных параметров механического воздействия колебаний на эффективность процесса оштукатуривания вертикальных стен производились на моделях робота-штукатура и виброустановки (табл. 1).

Таблица 1

**Зависимость физико-механических свойств.  
Исследуемые факторы и уровни варьирования ПФЭ ЦКРП 2**

№ п/п	Факторы	Кодовое обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования				
				$X = -2$ (звездный уровень)	$X = -1$ (нижний уровень)	$X = 0$ (средний уровень)	$X = +1$ (верхний уровень)	$X = +2$ (звездный уровень)
1	Водосодержание $W$ , мл/кг=%	$X_1$	50 мл/кг	200=66 %	250=83 %	300=100 %	350=116 %	400=133 %
2	Частота колебаний $f$ , Гц	$X_2$	5	35	40	45	50	55
3	Угол наклона виброплатформы $\alpha$ , °	$X_3$	5 °	35 °	40 °	45 °	50 °	55 °
4	Амплитуда $A$ , мм	$X_4$	0,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5

Модель штукатурной машины представлена на рисунке 1. Она представляет собой конструкцию, состоящую из двух мачт и тележки с меха-

низмом подъема, а также виброплатформы и бункера установленной на тележке. Механизм подъема представляет собой систему канатов с приводом.

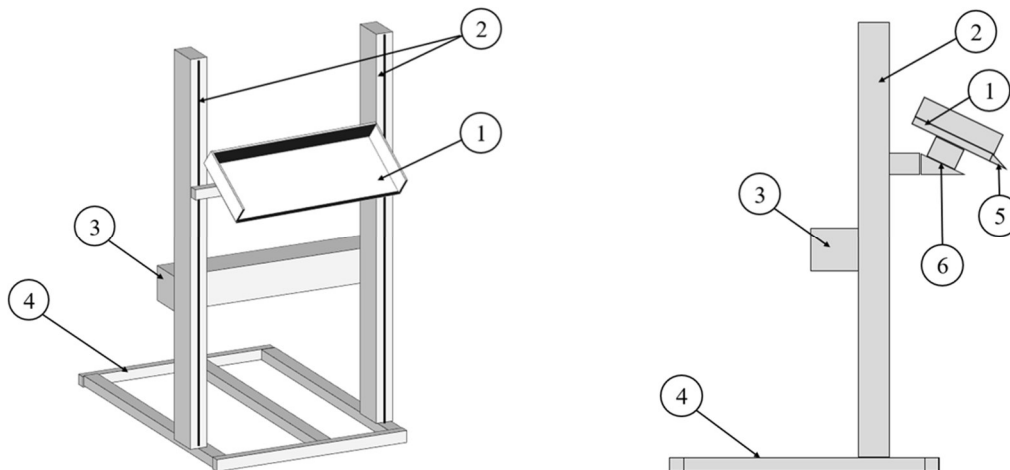


Рис. 1. Модель экспериментальной установки для уплотнения вертикальных стен:  
1 – механизм уплотнения (виброплита с бункером); 2 – стойки; 3 – механизм подъема (электродвигатель и система блоков); 4 – основание; 5 – нож; 6 – механизм изменения угла наклона

Основными требованиями к процессу нанесения является варьируемые факторы виброплатформы и особые свойства штукатурного состава. Процесс нанесения штукатурного слоя изображен на рисунке 2.

Основным стандартом в процессе работ является СНиП, также законодательством РФ предусмотрен ГОСТ Р 57984-2017/EN 13914-

1:2005, который затрагивает внутреннюю и наружную отделку. Особенности подбора, приготовления и нанесения растворов содержатся в ГОСТ Р. Однако на данный момент документ не вступил в силу. Существуют другие ГОСТы в зависимости от вяжущего компонента смесей:

- ГОСТ Р 57957-2017/en 13279-1:2008 – относится к гипсовым растворам.

• ГОСТ Р 57336-2016/en 998-1:2010 – для растворов на основе извести.

• ГОСТ 31357-2007 – регламентирует сухие цементные смеси.

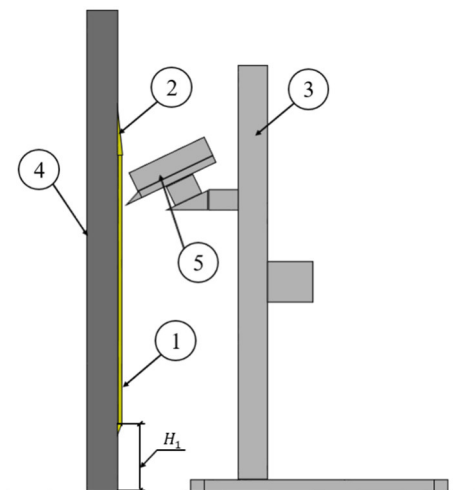


Рис. 2. Процесс нанесения штукатурного слоя: 1 – штукатурный слой (накрывочный); 2 – штукатурный слой (обрызг, грунт); 3 – штукатурная установка; 4 – основание (стена); 5 – механизм уплотнения (виброплита с бункером)

Основными правилами при приёмке работ, от которых зависит качества работ и конечный результат готового покрытия, является:

- Не допускается наличие пузырей, трещин, волн, а также явных шероховатостей.
- Показатели углов – 90°. Должны быть ровные поверхности с четкими гранями.
- Удар раскрытой ладонью не вызывает гулкий звук и ощущение осыпания штукатурки.
- Допуски относительно горизонтали и вертикали лежат в приемлемых пределах.
- Специальные разновидности штукатурки должны отвечать особым требованиям.

• Погрешность относительно вертикальной и горизонтальной плоскостей до 20 мм проглядывается невооруженным глазом. Все, что превышает эти показатели, расценивается как брак, который необходимо исправить.

Критерии проверки качества штукатурных работ нескольких типов штукатурных составов (табл. 2).

На рисунке 3 представлена виброустановка для воздействия на штукатурный слой при виброуплотнении стен. Установка работает следующим образом/

Таблица 2

**Критерии проверки качества штукатурных работ нескольких типов штукатурных составов**

№ п/п	Наименование	Простая штукатурка	Улучшенная штукатурка	Высококачественная штукатурка
1	Отклонение от вертикали	Не более 3 мм на 1 м, но не более 10 мм на всю высоту помещения	Не более 2 мм на 1 м, но не более 10 мм на всю высоту помещения	Не более 0,5 мм на 1 м, но не более 5 мм на всю высоту помещения
2	Отклонение по горизонтали	Не более 3 мм на 1 м	Не более 3 мм на 1 м	Не более 1 мм на 1 м
3	Неровности поверхности плавного очертания	Не более 4 шт. на 1 м, но не более 10 мм на весь элемент	Не более 2 шт., глубиной (высотой) до 3 мм	Не более 2 шт., глубиной (высотой) до 1 мм
4	Отклонение оконных и дверных откосов, пилястр, столбов и т.п. от вертикали и горизонтали	Не более 4 мм на 1 м, но не более 10 мм на весь элемент	На площади 4 не более 4 мм на 1 м, но не более 10 мм на весь элемент	На площади 4 не более 2 мм на 1 м, но не более 5 мм на весь элемент
5	Отклонение радиуса криволинейных поверхностей от проектного значения	Не более 10 мм на весь элемент	Не более 7 мм на весь элемент	Не более 4 мм на весь элемент
6	Отклонение ширины откоса от проектной	Не более 5 мм	Не более 3 мм	Не более 2 мм

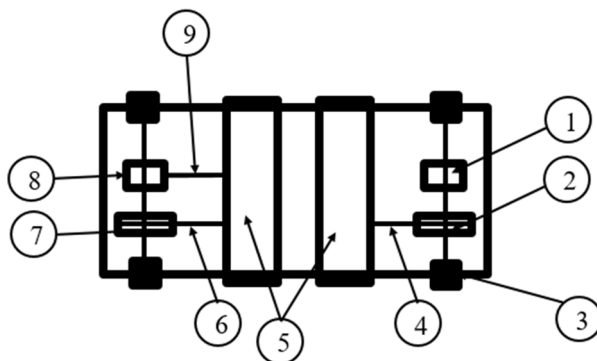


Рис. 3. Схема экспериментальной установки для уплотнения вертикальных стен (виброплатформа):  
 1 – эксцентрик отклонения установки в вертикальной плоскости (виброплита с бункером); 2 – шкив;  
 3 – подшипник; 4 – ремень передачи; 5 – электродвигатель; 6 – ремень передачи, 7 – шкив,  
 8 – эксцентрик отклонения в горизонтальной плоскости, 9 – жесткая связь подшипника и эксцентрика оси

Движение в горизонтальном направлении осуществляется двигателем постоянного тока с постоянным магнитом 7712-6 (9). Движение с электродвигателя передается посредством ременной передачи (8) на кривошип (1). Далее по кинематической схеме от кривошипа (1) на шатун (2), а от шатуна (2) с выходным звеном на шатун (3). Шатун (3), соединяющийся с опорой коромыслом (4)

Движение в вертикальном направлении осуществляется двигателем постоянного тока 7712-

6 (9). Движение с двигателя передается посредством ременной передачи (7) на кривошип (6). Далее по кинематической схеме от кривошипа (6) на шатун (5), который соединяется с выходным звеном шатуна (3). Движение в вертикальном направлении не использовалось в процессе проведения исследования.

После анализа был собран основной агрегат воздействия на штукатурный слой при нанесении на поверхность (рис. 4 и 5) с определенными параметрами (табл. 3).

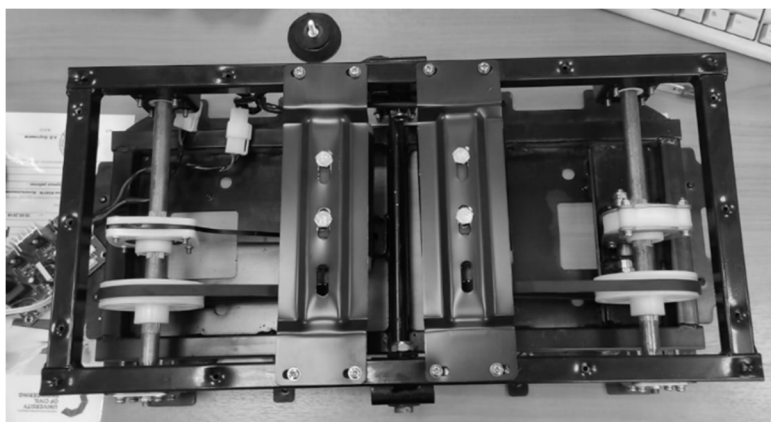


Рис. 4. Виброплатформа штукатурной машины



Рис. 5. Виброплатформа штукатурной машины

Таблица 3  
**Параметры виброплатформы  
 работа-штукатурна**

№ п/п	Параметры	Значения параметров
1	Мощность, Вт	200
2	Габариты Д×Ш×В, см	70×40×15
3	Масса, кг	18
4	Частота колебаний, Гц	50–60
5	Амплитуда, мм	0–10

$$B = 52,5 + 31,2 X_1 - 15,2 X_1^2 - 24,2 X_2 + 12,3 X_2^2 + 123 X_3 - 14,1 X_3^2 + 21,3 X_4 - 18,3 X_4^2 + 3,2 X_1 X_2 - 11,2 X_1 X_3 + 2 X_3 X_4. \quad (1)$$

Анализируя знаки и величину коэффициентов при определенных факторах и эффектах взаимодействия в уравнении регрессии, следует сделать следующие выводы.

Наибольшее влияние на отрыв  $B$  оказывает угол наклона,  $\alpha$  [°] и водосодержание  $W$  [%] виброплатформы общего назначения, так как сумма коэффициентов при  $X_1$  и  $X_3$  наибольшая. Положительный знак при  $X_1$ ,  $X_3$  и  $X_4$  подтверждает теоретические выводы о том, что с увеличением частоты колебаний  $f$  [Гц] виброплатформы общего назначения и амплитуды  $A$  [мм] отрыв  $B$  виброплатформы работа-штукатурна с регулируемыми параметрами увеличивается. Отрицательный знак при  $X_2$  подтверждает теоретические выводы о том, что с увеличением частоты колебаний  $f$  [Гц] в штукатурном растворе отрыв  $B$  виброплатформы работа-штукатурна с регулируемыми параметрами снижается.

Положительные знаки при эффектах взаимодействия  $X_1X_2$ ,  $X_3X_4$  также говорят о том, что увеличение этих параметров вызывает рост  $B$ , а их уменьшение – соответственно снижение этого параметра.

На рисунке 6 представлены результаты исследования функции  $B$  ( $W$  [%]) при  $W = 200..400$  [мл] с шагом 50 [мл],  $f = 35..55$  [Гц] с шагом 5 [Гц] и параметрах  $\alpha$  [°] и  $A$  [мм], равных  $\alpha = 45^\circ$  и  $A = 3$  мм при различных значениях изменения водосодержания и частоты.

Линия ряда 5 (рис. 6) при первой итерации показывает показатель отрыва  $B$  от водосодержания  $W$  при оговоренных ранее условиях, в зависимости от концентрации  $W$  воды в штукатурном растворе.

При частоте колебаний виброплатформы  $f = 35$  [Гц], водосодержании  $W = 400$  [мл], угле наклона виброплатформы с бункером, равной

**Основная часть.** Полученные результаты на экспериментальной установке работа-штукатурна обрабатывались с применением методов математического планирования. Уравнение регрессии, выражающее зависимость отрыва  $B$  виброплатформы работа-штукатурна с регулируемыми параметрами от водосодержания  $W$  [%] ( $X_1$ ) в штукатурном растворе, частот колебаний  $f$  [Гц] ( $X_2$ ) виброплатформы общего назначения, угла  $\alpha$  [°] ( $X_3$ ) наклона виброплатформы и амплитуды  $A$  [мм] ( $X_4$ ) работы виброплатформы в кодированном виде имеет вид:

$\alpha = 45^\circ$ , (рис. 6, линия ряда 5) и амплитуде  $A = 3$  мм отрыв штукатурного слоя после высыхания, нанесенного с помощью виброплатформы общего назначения составляет 71 %. При уменьшении параметра  $W$  [%] частота колебаний  $f = 35$  [Гц] постоянная параметр  $B$  составил, соответственно, 73 %; 70 %; 65 % и 59 %. При тех же параметрах и при последовательном увеличении концентрации воды  $W$  [%] в составе штукатурной смеси, отрыв штукатурного слоя уменьшается, об этом нам указывают линии ряда 1...4, которые находятся ниже линии, характеризующей высокий показатель отрыва  $B$  с меньшим содержанием воды  $W$  [%] и большим показателем частота колебаний  $f$  [Гц].

При следующих итерациях наилучший показатель отрыва  $B$  от водосодержания  $W$  при разной концентрации  $W$  воды в штукатурном растворе имеет вид линия ряда 5 (рис. 7).

При частоте колебаний виброплатформы  $f = 35$  [Гц], водосодержании  $W = 400$  [мл], угле наклона виброплатформы с бункером, равной  $\alpha = 55^\circ$ , (рис. 7, линия ряда 5) и амплитуде  $A = 3$  мм отрыв штукатурного слоя после высыхания, нанесенного с помощью виброплатформы общего назначения составляет 81 %. При уменьшении параметра  $W$  [%] частота колебаний  $f = 35$  [Гц] постоянная параметр  $B$  составил, соответственно, 83 %; 80 %; 75 % и 69 %. При тех же параметрах и при последовательном увеличении концентрации воды  $W$  [%] в составе штукатурной смеси, отрыв штукатурного слоя уменьшается, об этом нам указывают линии ряда 1...4, которые находятся ниже линии, характеризующей высокий показатель отрыва  $B$  с меньшим содержанием воды  $W$  [%] и большим показателем частота колебаний  $f$  [Гц].

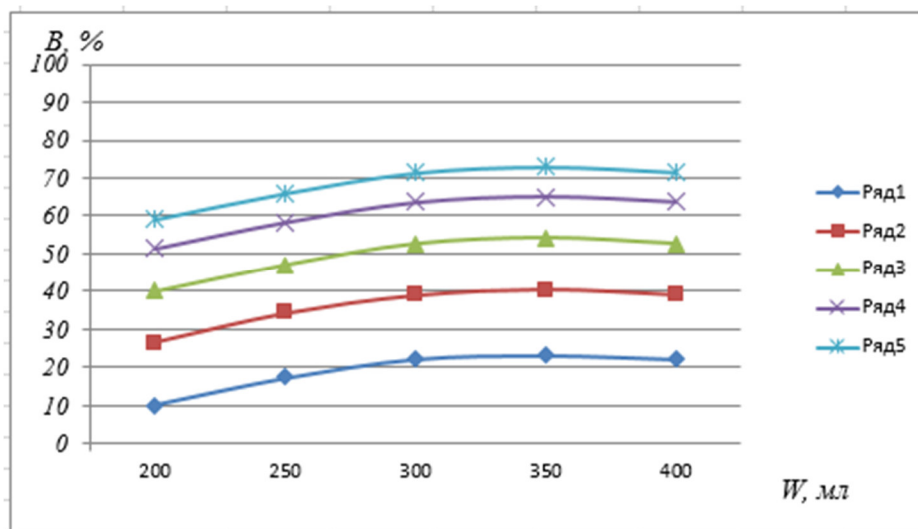


Рис. 6. Экспериментальные зависимости  $B(W)$ :

- Ряд-1: точка 1 ( $f=55: W=200; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 2 ( $f=55: W=250; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 3 ( $f=55: W=300; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 4 ( $f=55: W=350; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 5 ( $f=55: W=400; A=3; \alpha=45^\circ$ );
- Ряд-2: точка 1 ( $f=50: W=200; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 2 ( $f=50: W=250; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 3 ( $f=50: W=300; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 4 ( $f=50: W=350; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 5 ( $f=50: W=400; A=3; \alpha=45^\circ$ );
- Ряд-3: точка 1 ( $f=45: W=200; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 2 ( $f=45: W=250; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 3 ( $f=45: W=300; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 4 ( $f=45: W=350; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 5 ( $f=45: W=400; A=3; \alpha=45^\circ$ );
- Ряд-4: точка 1 ( $f=40: W=200; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 2 ( $f=40: W=250; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 3 ( $f=40: W=300; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 4 ( $f=40: W=350; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 5 ( $f=40: W=400; A=3; \alpha=45^\circ$ );
- Ряд-5: точка 1 ( $f=35: W=200; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 2 ( $f=35: W=250; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 3 ( $f=35: W=300; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 4 ( $f=35: W=350; A=3; \alpha=45^\circ$ ); точка 5 ( $f=35: W=400; A=3; \alpha=45^\circ$ );

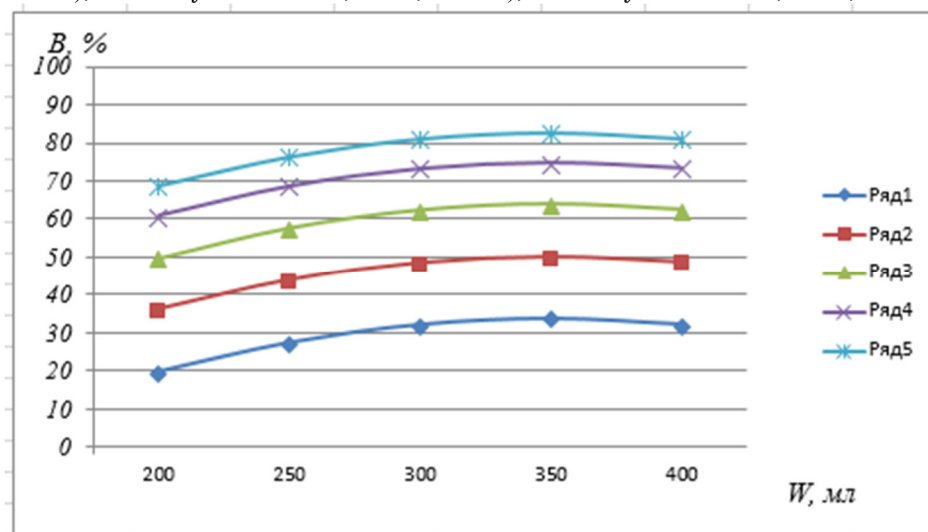


Рис. 7. Экспериментальные зависимости  $B(W)$ :

- Ряд-1: точка 1 ( $f=55: W=200; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 2 ( $f=55: W=250; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 3 ( $f=55: W=300; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 4 ( $f=55: W=350; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 5 ( $f=55: W=400; A=3; \alpha=55^\circ$ );
- Ряд-2: точка 1 ( $f=50: W=200; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 2 ( $f=50: W=250; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 3 ( $f=50: W=300; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 4 ( $f=50: W=350; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 5 ( $f=50: W=400; A=3; \alpha=55^\circ$ );
- Ряд-3: точка 1 ( $f=45: W=200; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 2 ( $f=45: W=250; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 3 ( $f=45: W=300; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 4 ( $f=45: W=350; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 5 ( $f=45: W=400; A=3; \alpha=55^\circ$ );
- Ряд-4: точка 1 ( $f=40: W=200; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 2 ( $f=40: W=250; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 3 ( $f=40: W=300; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 4 ( $f=40: W=350; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 5 ( $f=40: W=400; A=3; \alpha=55^\circ$ );
- Ряд-5: точка 1 ( $f=35: W=200; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 2 ( $f=35: W=250; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 3 ( $f=35: W=300; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 4 ( $f=35: W=350; A=3; \alpha=55^\circ$ ); точка 5 ( $f=35: W=400; A=3; \alpha=55^\circ$ );

Изменение угла наклона  $\alpha = 45^\circ$  виброплатформы в большую сторону  $\alpha = 55^\circ$  увеличило показание отрыва  $B$  на 10-15 %.

При частоте колебаний виброплатформы  $f = 35$  [Гц], водосодержании  $W = 200$  [мл], угле

наклона виброплатформы с бункером, равной  $\alpha = 45^\circ$ , (рис. 8, линия ряда 5) и амплитуде  $A = 3$  мм отрыв штукатурного слоя после высыхания, нанесенного с помощью виброплатформы об-

щего назначения составляет 71 %. При уменьшении параметра  $f$  [Гц] частота колебаний до 55, 50, 45 и 40 [Гц] параметр  $B$  составил, соответственно, 59 %; 58 %; 59 % и 63 %. При тех же параметрах и при последовательном увеличении частоты  $f$  [Гц] виброплатформы, показатель отрыва штукатурного слоя уменьшается, об этом

нам указывают линии ряда 1...4, которые находятся ниже линии, характеризующей высокий показатель отрыва  $B$  с показателем отрыва  $f = 35$  [Гц] и увеличением угла наклона  $\alpha = 45^\circ$  (рис. 9, линия ряда 5)

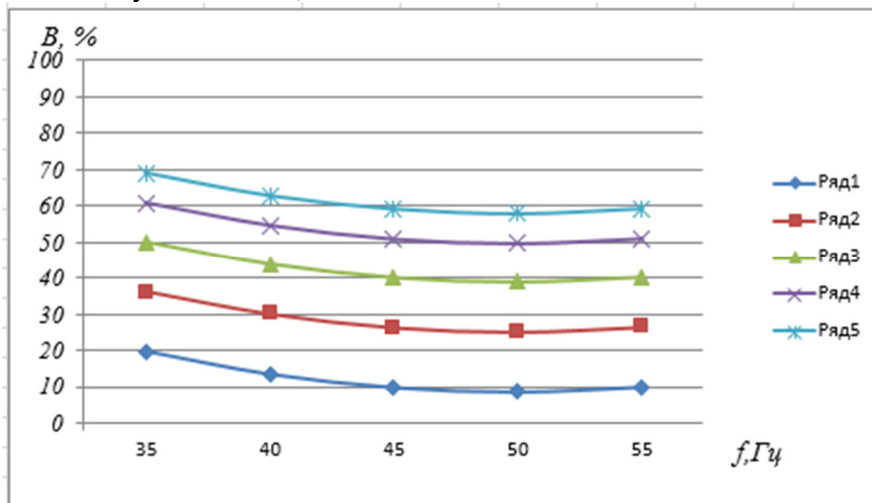


Рис. 8. Экспериментальные зависимости  $B(f)$ :

- Ряд-1: точка 1 ( $f=35$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ );
- Ряд-2: точка 1 ( $f=35$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ );
- Ряд-3: точка 1 ( $f=35$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ );
- Ряд-4: точка 1 ( $f=35$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ );
- Ряд-5: точка 1 ( $f=35$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=200$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ );

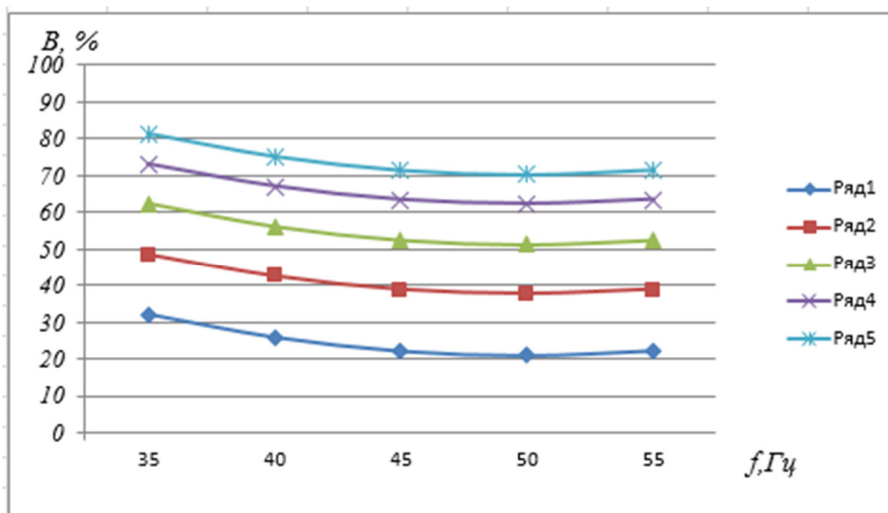


Рис. 9. Экспериментальные зависимости  $B(f)$ :

- Ряд-1: точка 1 ( $f=35$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=35^\circ$ );
- Ряд-2: точка 1 ( $f=35$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=40^\circ$ );
- Ряд-3: точка 1 ( $f=35$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=45^\circ$ );
- Ряд-4: точка 1 ( $f=35$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=50^\circ$ );

Ряд-5: точка 1 ( $f=35$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 2 ( $f=40$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 3 ( $f=45$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 4 ( $f=50$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ ); точка 5 ( $f=55$ :  $W=350$ ;  $A=3$ ;  $\alpha=55^\circ$ )

Изменение водосодержания  $W = 200$  [мл] виброплатформы в большую сторону  $W = 350$  [мл] увеличило показание отрыва  $B$  на 10-15 %.

При частоте колебаний виброплатформы  $f = 35$  [Гц], водосодержании  $W = 350$  [мл], угле наклона виброплатформы с бункером, равной  $\alpha = 55^\circ$ , (рис. 9, линия ряда 5) и амплитуде  $A = 3$  мм отрыв штукатурного слоя после высыхания, нанесенного с помощью виброплатформы общего назначения составляет 81 %. При уменьшении параметра  $f$  [Гц] частота колебаний до 55, 50, 45 и 40 [Гц] параметр  $B$  составил, соответственно, 71 %; 70 %; 71 % и 75 %. При тех же параметрах и при последовательном увеличении частоты  $f$  [Гц] виброплатформы, показатель отрыва штукатурного слоя уменьшается, об этом нам указывают линии ряда 1...4, которые находятся ниже линии, характеризующей высокий показатель отрыва  $B$  с показателем отрыва  $f = 35$  [Гц] и увеличением угла наклона  $\alpha = 55^\circ$  (рис. 9, линия ряда 5).

#### Выводы.

1. Установлено, что физико-механические показатели виброплатформы, с учетом использования правильной комбинации повышает характеристики штукатурного слоя от 20 % до 50 %.

2. Экспериментально исследовано влияние угла наклона, водосодержание штукатурного слоя, амплитуду и частоту колебаний виброплатформы общего назначения на параметры его работы.

3. Экспериментальные исследования подтвердили теоретические предположения о том, что вибрационное воздействие в процессе нанесения обладает большей эффективностью, в сравнении с традиционными классификаторами нанесения штукатурного слоя.

4. Проведенные исследования подтвердили достоверность аналитических выражений, позволяющих определить качественные параметры регулирования работа-штукатур, и выявить характеристики получаемого штукатурного слоя.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Maslov A., Salenko J., Stukota E. Developing a plant for vibromechanical treating of mortars // Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University. 2012. № 57. С. 59–62.

2. Maslov A., Puzyr R., Salenko Y., Batsaikhan J. The determination of the parameters of a vibration machine for the internal compaction of concrete mixtures // International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Т. 7. № 4. С. 12–19. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19545

3. Maslov A., Batsaikhan J. The research of the parameters of a vibration machine for composite materials compaction // MATEC Web of Conferences. 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, IC-MTMTE 2018. 2018. 02099. DOI: 10.1051/mateconf/201822402099.

4. Маслов А.Г., Жанар Б. Исследование виброплощадки с вибровозбудителем круговых колебаний в вертикальной плоскости для уплотнения бетонных смесей // Механизация и автоматизация строительства. сборник статей. Самарский государственный технический университет. Самара, 2020. С. 108–114.

5. Маслов А.Г., Маслова И.В., Нестеренко Н.Н. Исследование вибрационной установки для формования бетонных изделий // Отраслевые аспекты технических наук. 2013. № 7 (31). С. 17–20.

6. Маслов А.Г., Жанар Б. Разработка плоскостного глубинного виброуплотнителя бетонных смесей // Интерстроймех–2018. Сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.Я. Галицкова. 2018. С. 122–127.

7. Nesterenko M., Maslov A., Salenko J. Investigation of vibration machine interaction with compacted concrete mixture // International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Т. 7. № 3. С. 260–264. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14416.

8. Маслов А.Г., Саленко Ю.С., Маслова И.В. Вибрационная установка для формования бетонных изделий // Технологии бетонов. 2011. № 7-8 (60-61). С. 38-39.

9. Пат. 112096082, Китай, Automatic intelligent groove plastering machine with water spraying and vibrating device / Zhang Guoli, Li Zhenyue, Sun Guangyong, Zhang Guohu; заявитель и патентообладатель Sun Guangyong. опубл. 18.12.2020.

10. Пат. 2020258579, Западное Самоа, Traveling-assisted wall plastering machine / Wang Jianhu; заявитель и патентообладатель Foshan Tupo Machinery MFG co LTD. опубл. 30.12.2020.

11. Пат. 112144833, Китай, Indoor wall plastering machine capable of automatically returning / Zhao Li; заявитель и патентообладатель Zhao Li. опубл. 29.12.2020.

12. Пат. 112376860, Китай, Wall plastering machine, leveling method and device of wall plastering machine, readable storage medium and system / Zheng Wubin; заявитель и патентообладатель Foshan Nanhai Julong Construction Machinery. опубл. 12.11.2020.

13. Пат. 212317400, Китай, A machine of plastering a wall for building installation engineering /



Chen Yaoqiang, Zhang Wei; заявитель и патенто-обладатель Chen Yaoqiang, Zhang Wei. опублик. 16.03.2020.

14. Пат. 212080066, Китай, Take chain over-speed device tensioner's machine of plastering a wall / Wang Jianhu; заявитель и патентообладатель Foshan Turbo Machinery Manufacture. опублик. 03.04.2020.

15. Пат. 111255196, Китай, Plastering machine capable of controlling plastering thickness / Zhang Shuyan, Zhou Dexiang, Wang Jing; заявитель и патентообладатель Jiangsu Fengyang Construction Engineering. опублик. 25.02.2020.

#### Информация об авторах

**Шарапов Рашид Ризаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации, автоматизации и роботизации строительства. E-mail: SharapovRR@mgsu.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

**Шихов Николай Сергеевич**, аспирант кафедры механизации, автоматизации и роботизации строительства. E-mail: kolya101097@yandex.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

**Агарков Александр Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, автоматизации и роботизации строительства. E-mail: AgarkovAM@mgsu.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Поступила 09.01.2024 г.

© Шарапов Р.Р., Шихов Н.С., Агарков А.М., 2024

**Sharapov R.R., \*Shikhov N.S., Agarkov A.M.**

*National Research Moscow State University of Civil Engineering*

*\*E-mail: kolya101097@yandex.ru*

## INFLUENCE ON THE QUALITY OF PLASTERING WORK PRODUCTION PARAMETERS OF THE PLASTERING ROBOT

**Abstract.** *The article considers the main aspects of studying the effective use of plastering machines and mixtures in construction through the use of automated and mechanized systems, units and robots. Theoretical aspect of the study of the process of plaster layer compaction with the help of a vibration platform of a robot plasterer with adjustable parameters. The main design and technological parameters of vibration compaction of the plaster layer and their influence on the efficiency of the process of compaction of vertical walls are revealed. The methods of experimental research are described, as well as experimental installations on which the laboratory experiment was carried out. The use of this technology allows to solve the problem of time costs and increase labor productivity indicators, as well as aspects of economic nature. When changing the physical and mechanical characteristics of the vibration platform its dependence of variation factors allows to form the most favorable conditions for the mechanical effect of vibrations on the efficiency of the process of plastering vertical walls. Plastering mixtures for obtaining a plaster layer are studied, the main physical and mechanical characteristics are analyzed, the requirements to be taken into account in the process of plastering are analyzed. The paper presents a comparison of physical and mechanical characteristics of the vibration platform, reveals the advantages and disadvantages of using different combinations of parameters. It is established that the use of a certain combination or change of one important parameter contributes to the increase of physical and mechanical characteristics in comparison with the traditional method of mechanical action.*

**Keywords:** *Plaster mix, plastering, plastering, plastering robot, machines and aggregates, structures, density, tear-off.*

### REFERENCES

1. Maslov A., Salenko J., Stukota E. Developing a plant for vibromechanical treating of mortars. Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University. 2012. No. 57. Pp. 59–62.

2. Maslov A., Puzyr R., Salenko Y., Batsaikhan J. The determination of the parameters of

a vibration machine for the internal compaction of concrete mixtures. International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018. Vol. 7. No. 4. Pp. 12–19. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19545

3. Maslov A., Batsaikhan J. The research of the parameters of a vibration machine for composite materials compaction. MATEC Web of Conferences. 2018 International Conference on Modern Trends in

Manufacturing Technologies and Equipment, IC-MTMTE 2018. 2018. 02099. DOI: 10.1051/mateconf/201822402099.

4. Maslov A.G., Zhanar B. Study of a vibration platform with a vibration exciter of circular vibrations in a vertical plane for compacting concrete mixtures. [Issledovanie vibroploshhadki s vibrovzbuditelem krugovy`x kolebanij v vertikal`noj ploskosti dlya uplotneniya betonny`x smesej]. Mechanization and automation of construction. Digest of articles. Samara State Technical University. Samara, 2020. Pp. 108–114. (rus)

5. Maslov A.G., Maslova I.V., Nesterenko N.N. Study of a vibration installation for molding concrete products. [Issledovanie vibracionnoj ustanovki dlya formovaniya betonny`x izdelij]. Industry aspects of technical sciences. 2013. No. 7 (31). Pp. 17–20. (rus)

6. Maslov A.G., Zhanar B. Development of a planar deep vibratory compactor for concrete mixtures. [Razrabotka ploskostnogo glubinnogo vibroplotnitelya betonny`x smesej]. Interstroyekh-2018. Collection of reports of the XXI International Scientific and Technical Conference. Edited by S.Ya. Galitskova. 2018. Pp. 122–127. (rus)

7. Nesterenko M., Maslov A., Salenko J. Investigation of vibration machine interaction with compacted concrete mixture. International Journal of Engineering and Technology(UAE). 2018.

Vol. 7. No 3. Pp. 260–264. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14416.

8. Maslov A.G., Salenko Yu.S., Maslova I.V. Vibration installation for molding concrete products. [Vibracionnaya ustanovka dlya formovaniya betonny`x izdelij]. Concrete technologies. 2011. No. 7–8 (60–61). Pp. 38–39. (rus)

9. Zhang Guoli, Li Zhenyue, Sun Guangyong, Zhang Guohu. Automatic intelligent groove plastering machine with water spraying and vibrating device. Patent CN, no. 112096082, 2020.

10. Wang Jianhu. Traveling-assisted wall plastering machine. Patent WO, no. 2020258579, 2020.

11. Zhao Li. Indoor wall plastering machine capable of automatically returning. Patent CN, no. 112144833, 2020.

12. Zheng Wubin. Wall plastering machine, leveling method and device of wall plastering machine, readable storage medium and system. Patent CN, no. 112376860, 2020.

13. Chen Yaoqiang, Zhang Wei. A machine of plastering a wall for building installation engineering. Patent CN, no. 212317400, 2020.

14. Wang Jianhu. Take chain overspeed device tensioner's machine of plastering a wall. Patent CN, no. 212080066, 2020.

15. Zhang Shuyan, Zhou Dexiang, Wang Jing. Plastering machine capable of controlling plastering thickness. Patent CN, no. 111255196, 2020.

#### *Information about the authors*

**Sharapov, Rashid R.** DSc, Professor. E-mail: SharapovRR@mgsu.ru. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe highway, 26.

**Shikhov, Nikolay S.** Postgraduate student. E-mail: kolya101097@yandex.ru. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe highway, 26.

**Agarkov, Alexander M.** PhD. E-mail: AgarkovAM@mgsu.ru. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe highway, 26.

*Received 09.01.2024*

#### **Для цитирования:**

Шарапов Р.Р., Шихов Н.С., Агарков А.М. Влияние на качество производства штукатурных работ параметров работа-штукатурка // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №2. С. 90–99. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-2-90-99

#### **For citation:**

Sharapov R.R., Shikhov N.S., Agarkov A.M. Influence on the quality of plastering work production parameters of the plastering robot. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 2. Pp. 90–99. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-2-90-99